



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Teräsportaiden mitoitus, mallinnus ja piirustustuo- tanto

Pekka Kuikka

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2017
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Talorakennustekniikka

KUIKKA, PEKKA:

Teräsportaiden mitoitus, mallinnus ja piirustustuotanto

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 10 sivua
Maaliskuu 2017

Opinnäytetyö tehtiin teräsportaiden tietomallipohjaisen suunnittelun tehostamiseksi tilaajayritykselle. Nopeuttaakseen rakenteille tuotettavia dokumentteja monet rakennusalan yritykset ovat siirtyneet käyttämään entistä enemmän tietomallinnusta. Työn tavoite oli mitoittaa Autodesk Robot -ohjelmalla yksinkertaisia suoria teräsportaita, luoda tuloksien pohjalta reisirakenteen profiilivalintataulukko ja perustaa kloonimalli Tekla Structures -ohjelmistolla, jossa portaalle tehtiin mahdollisimman kattavat piirustukset. Luoduista piirustuksista tehtiin kloonipohjat, joita voidaan tulevaisuudessa käyttää uuden teräsportaspiirustusten luomiseen.

Aiheeseen tutustuttiin etsimällä tietoa samantyyllisiä aiheita käsittelevistä insinööritöistä viime vuosilta sekä osallistumalla yrityksen sisällä järjestettyihin mallinnusta käsitteleviin koulutustilaisuuksiin. Tietomallinnusta käsittelevää kirjallisuutta on hyvin vähän tai yleisesti ottaen se on vanhentunutta, joten tieto aiheeseen jouduttiin keräämään lähinnä verkkolähteistä ja kansallisista mallinnukseen liittyvistä julkaisuista. Lisäksi työtä varten tehtiin asiantuntijahaastattelu yrityksen sisältä tiedon hankkimiseksi.

Portaiden mitoitus aloitettiin tutustumalla teräsportaiden mitoitusta koskeviin turvallisuusvaatimuksiin. Ensin eripituisia portaita mallinnettiin laskentamalliin ja niille määritettiin kuormitus. Etenemää ja kuormitusta vaihdeltiin, ja tuloksista koostettiin mitoitus-taulukko eri profiileille. Piirustusten teko aloitettiin tutustumalla yrityksessä aiemmin tuotettuihin piirustusten näkymäasetuksiin ja kehittämällä niitä. Ensin portaista tehtiin piirustukset olemassa olevilla asetuksilla, joihin pyydettiin kommentteja yrityksen asiantuntijoilta. Kommentoinnin jälkeen tehtiin asetuksiin tarvittavat muutokset, minkä jälkeen luotiin uudet piirustukset, jotka toimivat kloonipohjina.

Opinnäytetyön lopputuloksena luotiin taulukkopohjainen mitoitusohje eri profiileille ja tehtiin kloonipiirustuspiirustukset teräsportaille. Kloonipohjien toimivuuden takaamiseksi on tärkeää, että portaat on mallinnettu oikein. Tästä syystä osana opinnäytetyötä tehtiin myös lyhyt ohje teräsportaiden mitoitukseen ja mallintamiseen.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Civil Engineering
Structural Engineering

Kuikka Pekka:

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 10 pages
March 2017

This thesis was made to enhance information model-based design of the steel stairs for the subscriber company. In order to accelerate the production for structure documentaries, many construction companies have started to use more and more building information modeling. The goal was to design simple direct steel stairs with Autodesk Robot -software, create selection table for the stringer profile and set up cloning model with Tekla Structures -software in which the stage was to create as comprehensive drawing templates as possible.

Information related to the topic of this study was partly gained through reading previous graduate studies about building information modeling from recent years, as well as by participating organized training sessions in the company. The literature based on BIM does not exist so information had to collect mainly from online sources, and from national publications related to modeling. In addition, one interview was held at the company to obtain some information.

Designing of stairs began studying the safety standards. Stairs with different length were modeled on Autodesk Robot -software and those were determined by the load. Step tread and the load were varied and the results were compiled in the design table with different profiles. Making of the drawings started by orienting previously produced drawing settings and developing them. First stair drawings were made by the existing properties, which sought comments on the company's experts. After commenting, the necessary changes were made to the settings and new drawings were created. These drawings were then used as cloning templates.

The final result of this thesis was to create design table for different stringer profiles and were create a clone drawing templates for steel stairs. In order to ensure the functioning of the clone templates it is important that the stairs are modeled correctly. For this reason, as part of the thesis short instruction for sizing and modeling of the steel stairs was also made.

Key words: Tekla Structures, Autodesk Robot, BIM, steel stair, cloning model

SISÄLLYS

1	TAVOITTEET	5
1.1	Tutkimusmenetelmät	6
1.2	Rajaukset.....	7
2	YLEISTÄ PORTAISTA	8
2.1	Termit ja määritelmät.....	8
2.1.1	Porrastyypit	10
3	PORTAIDEN SUUNNITTELU.....	12
3.1	Mitoitus.....	13
3.1.1	Rajatilamitoitus	13
3.1.2	Murtorajatila.....	14
3.1.3	Käyttörajatila.....	15
3.1.4	Kuormien luokitus.....	15
3.1.5	Materiaaliominaisuudet.....	16
3.1.6	Murtorajatilan yhdistelyt.....	16
3.2	Robot-malli	17
3.2.1	Laskentamallin luominen	18
4	TIETOMALLI.....	24
4.1	Tekla Structures	26
5	PIIRUSTUSTUOTANTO	27
5.1	Piirustukset.....	28
6	KLOONIMALLI.....	30
6.1	Kloonimallin luonti.....	30
6.2	Piirustusasetusten luominen.....	30
6.3	Kloonipohjat	32
7	MALLINNUSOHJE.....	36
7.1	Teräsportaan mallinnus.....	36
8	PÄÄTELMÄT.....	39
8.1	Tavoitteet	39
8.2	Piirustus pohjien muokkaus	40
9	YHTEENVETO	41
	LÄHTEET.....	42
	LIITTEET	44
	Liite 1. Robot-laskenta	44
	Liite 2. Haastattelu	48
	Liite 3. Muokkaamattomat piirustus pohjat	50
	Liite 4. Muokatut piirustus pohjat	52

1 TAVOITTEET

Opinnäytetyön nimi on Teräsportaiden mitoitus, mallinnus ja piirustustuotanto. Tutkimusongelmana aiheessa ovat osittain harhaanjohtavat olemassa olevat taulukot reisilankun valintaan mitoituksessa, joissa ei ole sidonnaisuutta portaiden kuormituksiin. Piirustustuotannossa ongelmana on olemassa olevien piirustus pohjien puutteellinen automatisointi.

Tavoitteena portaan suunnittelussa ajan säästämiseksi on luoda taulukko, joka on sidoksissa portaan etenemän ja kuormituksen suhteen. Laskentapuolella mallinnetaan eripituisia ja kuormitettuja suoria portaita Autodesk Robot-ohjelmalla ja luoda tuloksien perusteella profiilivalintataulukko. Lisäksi on tarkoitus selvittää teräsportaiden mallinnukseen ja suunnitteludokumenttien tuottamiseen liittyviä aikaa vieviä asioita sekä kehittää tehokkaampia ratkaisuja havaittuihin ongelmiin. Tarkoituksena on nopeuttaa portaiden piirustustuotantoa muokkaamalla olemassa olevia piirustus pohjia mitoittamaan tarpeellisia dimensioita automaattisesti. Tämän jälkeen tehdään tilaajayritykselle kloonimalli, jota voidaan hyödyntää piirustustentuotannossa tulevilla projekteilla.

Opinnäytetyön päätavoitteena on luoda kloonimalli suorasta teräsportaasta, josta tehdään mahdollisimman kattavat piirustukset. Kloonimallia tullaan käyttämään uusissa projekteissa piirustus pohjien kopiointi lähteenä. Kun uuden projektin myötä aloitetaan tuottamaan piirustuksia teräsportaita, voidaan kloonimallissa luodun piirustuksen asetukset kopioida uuteen teräsportaita käsittelevään piirustukseen.

Lopuksi luodaan teräsportaiden mitoitus-/mallinnusohje, jonka tarkoitus on toimia ohjeena etenkin nuorille suunnittelijoille portaiden suunnitteluun liittyen. Ohjeen tarkoitus on edesauttaa yhtenäistymistä ja tehostaa portaiden mallinnustyötä ja piirustustuotantoa. Suunnittelun yhtenäistyessä yrityksen sisällä saadaan aikaan se, että tietomallin tietosisältö on samanlainen suunnittelijasta riippumatta. Kloonimallin piirustusasetusten toimivuus osien mitoitukseen ja esitystapaan liittyen taataan oikeaa mallinnustapaa käyttäen. Näin vältetään piirustuspuolella tapahtuvasta manuaaliselta mittojen ja merkintöjen lisäämiseltä.

Henkilökohtaiset tavoitteeni koskevat lähinnä opinnäytetyön tekemistä. Tavoitteeni on omaksua järjestelmällinen ja johdonmukainen työskentelytapa yrityksen sisällä ja harjaannuttaa vuorovaikutus- ja yhteistyötaitoja muiden ihmisten kanssa.

Tilaajayrityksenä opinnäytetyölle toimii osana Pöyry-konsernia toimiva Pöyry Finland Oy (kuva 1). Yritys on kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointiyhtiö, jonka toimialoina ovat energia-, teollisuus-alaan sekä infrastruktuuriin liittyvät hankkeet. Suomessa yrityksellä on 19 toimipistettä, jossa työskentelee noin 1600 työntekijää. Globaalisti yrityksessä työskentelee noin 6000 työntekijää 45 eri maassa (1.)



KUVA 1. Pöyry Oyj:n logo. (2.)

Aloitin opintoihini kuuluvan harjoittelujakson Pöyry Finland Oy:ssä keväällä 2016 ja aikaisemmin työtä hakiessani sovimme, että tekisin myös opinnäytetyöni yritykselle. Aihe sovittiin keväällä pidetyssä opinnäytetyöpalaverissa Metsäteollisuuden- ja ydinvoiman osastopäällikön Janne Ranzin, sekä BIM-Teknologiapäällikön Teemu Ahosen kanssa.

1.1 Tutkimusmenetelmät

Kirjallisuutta mallintamiseen liittyen on tarjolla melko vähän ja niistä saatava informaatio on osittain vanhentunutta, joten tietoa aiheeseen kerätään lähinnä verkkolähteistä. Aluksi tutkitaan mitoitukseen liittyviä kansallisia julkaisuja sekä insinöörityöt, jotka käsittelevät tietomallinnusta. Mallintamiseen liittyvää tietoa kerätään yrityksen järjestämistä koulutuksista, Tekla User Assistance -palvelusta sekä Pöyry Finland Oy:n asiantuntijoilta.

Opinnäytetyön tiedonkeruuta varten tehdään haastattelu, jossa haastatellaan teräsrakenteiden suunnittelijaa Jarmo Palmua. Haastattelulla pyritään keräämään informaatiota teräsportaiden mallintamisesta, piirustustuotannosta ja niihin liittyvistä ongelmista. Lisäksi pyritään selvittävään mitä komponentteja teräsportaiden mallinnuksessa tulisi käyttää ja missä järjestyksessä ja perehdytään ongelmiin mallintamisessa ja piirustusten tuotannossa. Tällä tavoin saadaan käsitys suunnittelun kulusta ja siihen liittyvistä mahdollisista ongelmista ja puutteista mallinnustyökalujen suhteen.

Teräsportaiden piirustusasetusten kehittämiseksi tehdään olemassa olevilla asetuksilla piirustukset vain vähäisin muokkauksin. Seuraavaksi pyydetään kommentteja tilaajayrityksen asiantuntijoilta, joilla on aiempaa kokemusta teräsportaiden suunnitteluun ja piirustusten luontiin liittyen. Asiantuntijat merkitsevät tulostettuihin piirustuksiin hyviä ja huonoja puolia sekä antavat ohjeita vaihtoehtoisille esitystavoille.

1.2 Rajaukset

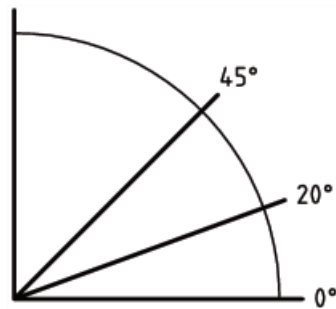
Opinnäytetyössä keskitytään käsittelemään vain suoria teräsportaita. Mitoituksessa keskitytään vain reisilankkuihin. Reisilankkuja ei käytetä jäykistävinä elementteinä. Kaiteiden mitoittamiseen ei oteta kantaa. Lisäksi perehdytään vain teollisuusrakentamisessa esiintyviin portaisiin, joiden nousukorkeus rajautuu korkeuteen 3000 mm ja joiden nousukulma rajautuu 30 asteeseen. Piirustuspuolella kehitettävät kloonipohjat ja niiden asetukset toimivat vain suorille portaille ja niissä esitetään kaiteet mitoitukselta huolimatta.

Yhtenä osana opinnäytetyötä tehdään mitoitus-/mallinnusohje teräsportaiden mallintamiseen, jossa esitetään yleisimmät komponentit ja työkalut, joita portaiden mallintamisessa tulisi käyttää ja ohjeistetaan kloonimallin hyödyntämistä piirustustentuotannossa. Mallinnusohje tulee ainoastaan Pöyry Finland Oy:n käyttöön, koska se sisältää informaatiota, jota ei haluta kilpailevien suunnittelutoimistojen käyttöön. Tästä syystä mitoitus-/mallinnusohje on määritetty salaiseksi. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi, miten ohje on tehty.

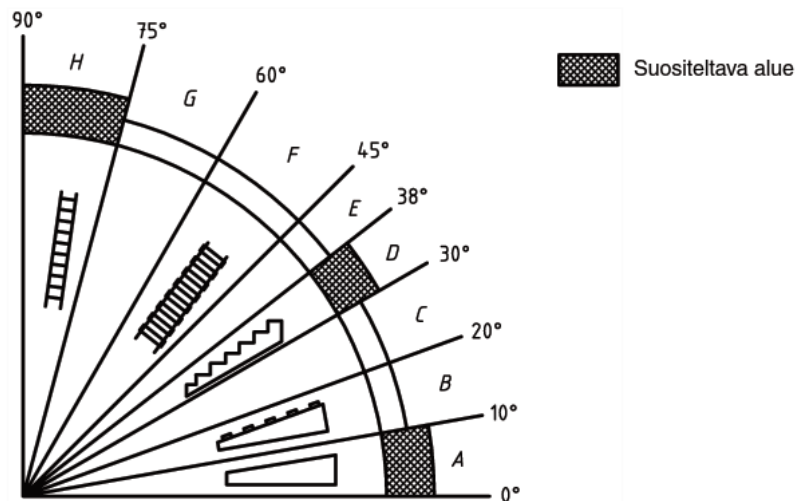
2 YLEISTÄ PORTAISTA

2.1 Termit ja määritelmät

Portaaksi määritellään kiinteä kulkutie, jonka nousukulma on yli 20° ja korkeintaan 45° ja jonka vaakasuorat rakenneosat ovat askelmia (3. s 10.). Tässä opinnäytetyössä käsitellään teollisuuden koneiden hoitotasojen ja -siltojen portaita, joissa rakenteita voidaan standardoida ja joissa ne voidaan tehdä tarkoituksenmukaisiksi ulkonäköseikkojen ollessa toisarvoisia. Teollisuusrakentamisessa turvallisen pääsyn järjestämiseksi hallintalaitteille ja koneille aiheutuu portaille rajauksia, joiden vuoksi nousukulman tulee olla vähintään 30° ja enintään 38° . Edellä on esitetty yleisintä porrastermeihin liittyvää sanastoa.



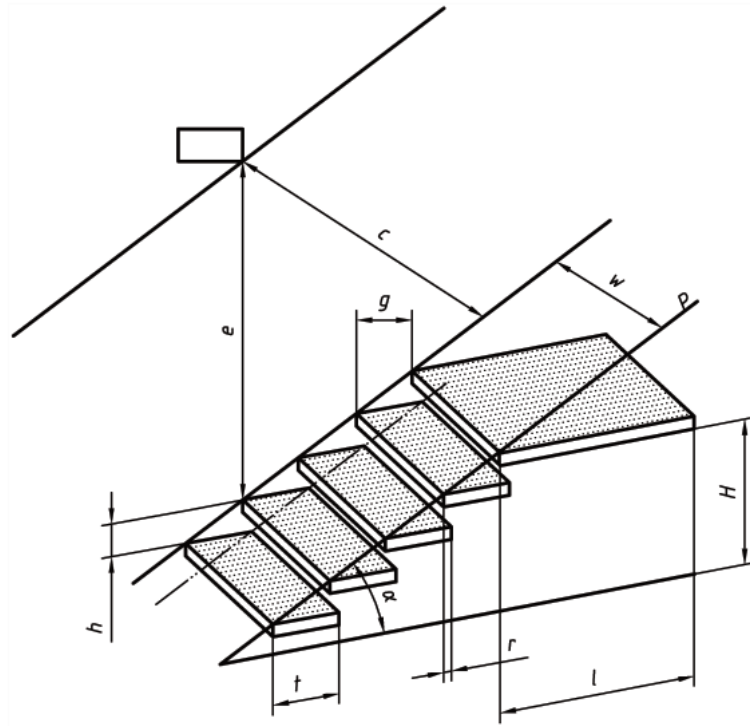
KUVA 2. $20^\circ < \text{nousukulma} \leq 45^\circ$. (3, s. 10.)



Merkintöjen selitykset

- A Luiska, A on suositeltava alue
- B Luiska, jonka pinta on liukastumista estävä
- C Portaat
- D Portaat, D on suositeltava alue
- E Portaat
- F Porrastikkaat
- G Porrastikkaat
- H Tikkaat, H on suositeltava alue

KUVA 3. Suositukset nousukulmille. (3, s. 18.)



Merkintöjen selitykset

H	Nousukorkeus
g	Etenemä
e	Kulkukorkeus
h	Nousu
l	Tasanteen pituus
r	Limitys
α	Nousukulma
w	Leveys
p	Nousulinja
t	Askelman syvyys
c	vapaa tila

KUVA 4. Porrastermejä. (4, s. 10.)

Nousukorkeudella tarkoitetaan vertailutason ja tasanteen välistä pystysuoraa etäisyyttä.

Porrasjakso on kahden tasanteen välinen keskeytymätön askelmien jakso.

Etenemä on kahden peräkkäisen askelreunan välinen vaakasuora etäisyys.

Kulkukorkeus on nousulinjan yläpuolinen pienin pystysuora etäisyys, joka on esteetön.

Tasanne on porraskaksen päässä sijaitseva vaakasuora lepoalue.

Kävelylinja on portaiden käyttäjien keskimäärin käyttämää reittiä vastaava kuvitteellinen linja.

Limitys on askelman syvyyden ja etenemän välinen erotus.

Nousulinja on kuvitteellinen linja, joka yhdistää kävelylinjalla olevien peräkkäisten askelmien askelreunat ja joka ulottuu porrasjakson yläpäässä olevan tasanteen askelreunasta jakson alapäässä olevalle tasanteelle.

Portaan nousukulma on nousulinjan ja sen vaakatasossa olevan projektion välinen kulma.

Nousu on kahden peräkkäisen askelman astumispinnan välinen korkeusero.

Askelma on vaakasuora pinta, jolle jalka asetetaan kuljettaessa portaita ylös tai alas.

Askelreuna on askelman tai tasanteen etureuna.

Portaan reisilankku on portaita sivulta tukevan runkorakenteen osa.

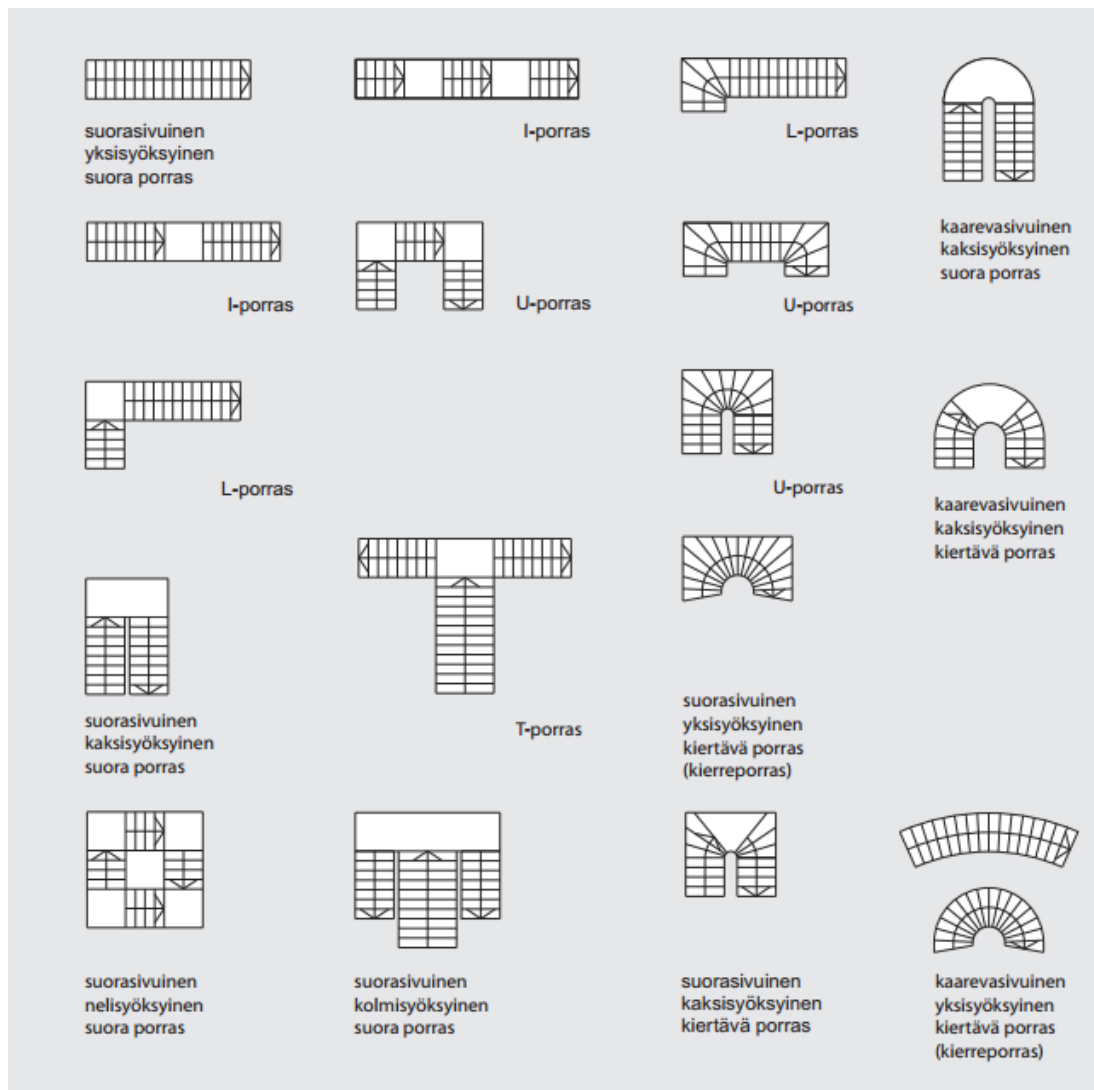
Leveys on askelman päätypintojen välinen vapaa etäisyys.

Askelman syvyys on askelman etu- tai askelreunan ja takareunan välinen vapaa etäisyys.

Vapaa tila on nousulinjan ja sen kohdalla olevan esteen välinen lyhin etäisyys mitattuna kohtisuorassa nousulinjaan nähden. (4. s. 10–12.)

2.1.1 Porrastyypit

Porrastyypit voidaan nimetä portaan sivun (suorasivuinen ja kaarevasivuinen), syöksyen lukumäärän ja keskiviivan (suora porras ja kiertävä porras) mukaan. Porrastyypin nimeen voidaan lisätä myös portaan muotoa kuvaava määre, esimerkiksi I-porras, L-porras, U-porras tai kierreporras. (5. s. 3.)



KUVA 5. Porrastyyppjä. (5, s. 3.)

3 PORTAIDEN SUUNNITTELU

Teollisuusrakentamisessa portaiden vapaan leveyden on oltava vähintään 600 mm, mutta suositeltava leveys on 800 mm tai enemmän. Mikäli portaita käyttää useampi henkilö yhtäaikaaisesti, tulee leveyden olla 1000 mm. Portaat tulee suunnitella niin, että parikuljetus on mahdollista makuuasennossa. Yksikaistaisen portaan tilantarve parikuljetukselle on 900 mm, mikäli kuljetukseen tarvitaan kolmas hoitohenkilö, tulisi portaan olla vähintään 1000...1100 mm leveä. (6, s. 2.)

Teräsportaiden askelmien tulee kestää seuraavat kuormitukset:

Askelman leveyden ollessa $w < 1200$ mm, on sen kestävä 1,5 kN suuruinen kuorma jakautuneena 100 x 100 mm suuruiselle alueelle, niin että alueen yksi sivu on pitkin askelreunaa askelman keskellä.

Askelman leveyden ollessa $w \geq 1200$ mm, on sen kestävä 1,5 kN suuruinen kuorma jakautuneena 100 x 100 mm suuruiselle alueelle yhtä aikaa 600 mm välein epädullisimmissa paikoissa niin, että alueen yksi sivu on pitkin askelreunaa.

Askelmien limityksen tulee olla ≥ 10 mm. Tämä koskee myös portaiden yhteydessä olevia tasanteita ja lattioita. (4. s. 14.)

Askelmien ja tasanteiden pintojen pitokyvyn on oltava riittävä liukastumisen estämiseksi, jonka vuoksi askelmina käytetään yleensä liukusuojalla varustettuja kuumasinkittyjä pulttikiinnitteisiä ritiläaskelmia. Pultteina käytetään M12 kuumasinkittyjä ruuveja ja muttereita aluslevyineen.

Aseman muutos rakenteen ja askelmien välillä ei saa ylittää 1/300 osaa jännevälistä tai 6 mm, riippuen siitä kumpi on pienempi.

Portaiden nousu ja etenemä on valittava siten, ettei kulku portaissa ole hankalaa. Portaan etenemän ja nousun tulee täyttää seuraava yhtälö:

$$600 \leq g + 2h \leq 660 \quad (1) \quad (4. s. 14.)$$

Portaan kulkukorkeuden vähimmäiskorkeus tulee olla 2300 mm. Vapaan tilan vähimmäiskorkeus tulee olla 1900 mm.

Porrasjakson nousukorkeus, H , ei saa ylittää arvoa 3000 mm. Nousukorkeuden ylittäessä raja-arvon, on porrasjakso katkaistava lepotasolla ennen seuraavaa porrasjaksoa. Lepotason pituus tulee olla vähintään portaan leveyden suuruinen, mutta kuitenkin vähintään 800 mm. Jos porrastasoja on vain yksi, voi nousukorkeus tällöin olla korkeintaan 4000 mm ilman lepotasoa.

Portaiden reisolankkuina käytetään yleensä kuumavalssattuja UNP- tai UPE-profiileja tai kylmävalssattuja U-profiileja.

3.1 Mitoitus

Tarkoituksena on mitoittaa suora porras Autodesk Robot-mallinnusohjelmalla ja luoda reisolankun profiilivalintataulukko. Robot-mitoitus hyödyntää kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja. Tässä työssä mitoitus käsittelee osia eurokoodeista: EN 1990, EN 1993.

3.1.1 Rajatilamitoitus

Rajatilamitoitus käsittelee tilanteita, joiden ylittämisen jälkeen rakenne ei enää täytä sille asetettuja mitoituskriteerejä. Käyttörajatilalla tarkoitetaan tilaa, jonka rakenteen ylittäessä sille asetetut käyttökelpoisuusvaatimukset eivät enää ole voimassa. Murtorajatilalla tarkoitetaan tilaa, jossa rakenne pettää tai jollain muulla tavoin vaurioituu. Mitoituksessa murtorajatilat ja käyttörajatilat käsitellään erikseen osavarmuuskertoimia käyttäen. Mitoitustilanteet valitaan huomioiden ne olosuhteet, joissa rakenteen edellytetään täyttävän tehtävänsä. (7, s. 52–56.)

Rajatilamitoitus perustuu rajatiloja varten muodostettujen rakenne- ja kuormitusmallien käyttöön, jossa selvitetään mitoitettavat tilanteet ja osoitetaan laskemalla rakenteen kapasiteetin olevan suurempi kuin sille kohdistuvan rasituksen. Tarkastelut suoritetaan kaikille merkittävälle mitoitustilanteille ja kuormitustapauksille erikseen. Eurokoodin mukaan:

$$R_d \geq E_d \quad (2)$$

missä

R_d on kapasiteetti ja

E_d on rasitus.

Kuormien mitoitusarvot lasketaan kaavalla:

$$Fd = \gamma_f F_{rep} \quad (3)$$

missä

$$F_{rep} = \psi F_k \quad (4)$$

missä

F_k on kuorman ominaisarvo,

F_{rep} on kuorman edustava arvo,

γ_f on kuorman osavarmuusluku, joka huomioi kuorman arvojen mahdollisen epäedullisen poikkeamisen edustavista arvoista,

ψ on yhdistelykerroin.

(7, s. 70)

3.1.2 Murtorajatila

Murtorajatila eli ihmisten turvallisuuteen tai rakenteen varmuuteen liittyvä rajatila tarkastelee rakenteeseen kohdistuvia merkityksellisiä rasisitustiloja. Murtorajatilaja on useita, mutta tässä työssä keskitytään vain mitoittamaan rakenteisiin kohdistuvaa kestävyyttä (STR). Kestävyystarkastelussa tarkastellaan rakenteen tai rakenneosien sisäistä vaurioitumista eli murtumista ja hajoamista. Toisin sanottuna tarkastellaan rasisituksia epäedullisimmassa mahdollisessa kuormitustilanteessa.

Tasapainon menetystä (EQU) ei tarkastella, koska portaisiin ei kohdistu kuormitustilannetta, jossa tasapainon menetys olisi mahdollista.

3.1.3 Käyttörajatila

Käyttörajatilassa tarkastellaan rakenteen toimintaa sen normaalikäytössä, jossa huomioidaan rakennuskohteen ulkonäkö ja ihmisten mukavuus. Liian kapean profiilin valinta voi johtaa rakenteen värähtelyihin, joka saa ihmiset tuntemaan olonsa epämukavaksi, rajoittaa rakenteen kelpoisuutta käyttötarkoitukseensa nähden ja vaikuttaa kielteisesti rakenteen toimivuuteen. Toisin sanoen tämä merkitsee taipuman tarkastelua portaan reisilankun profiilin osalta.

Käyttörajatilan tarkasteluissa eurokoodeissa osoitetaan kuormien vaikutusten mitoitusarvon ja käyttökelpoisuuskriteerin mukaisen rajoittavan mitoitusarvon suhde, joka voidaan kirjoittaa muotoon:

$$E_d \leq C_d \quad (5)$$

missä

C_d on asianomaisen käyttökelpoisuuskriteerin mukainen rajoittava mitoitusarvo,

E_d on käyttökelpoisuuskriteerissä määriteltyjen kuormien vaikutusten mitoitusarvo, joka määräytyy asianomaisen yhdistelmän perusteella.

(7, s. 82.)

3.1.4 Kuormien luokitus

Eurokoodin luokituksen mukaan kuormia esiintyy kolmea eri tyyppiä, joita ovat SFS-EN 1990 + A1 +AC kohdan 4.1.1 mukaiset kuormitukset:

- pysyvät kuormat (G), kuten rakenteiden, kiinteiden laitteiden oma paino
- muuttuvat kuormat (Q), kuten rakenteisiin kohdistuvat hyötykuormat, tuulikuormat ja lumikuormat
- onnettomuuskuormat (A), kuten räjähdykset tai ajoneuvojen törmäykset.

Portaisiin kohdistuvat kuormat muodostuvat portaiden osien yhteenlasketusta omasta painosta ja hyötykuormasta. Teollisuuden rakenteissa tukirakenteeseen vaikuttava kuormitus voi vaihdella arvosta $1,5 \text{ kN/m}^2$ (satunnaiseen ilman kuormia tapahtuvaan jalankulkuun tarkoitettut rakenteet) arvoon 5 kN/m^2 (paljon käytettävät rakenteet tai kuormien kanssa käytettävät rakenteet) (4. s. 14.). Tarvittaessa huomioidaan myös onnettomuuskuormat, jotka tulevat kyseeseen tavallisesti palotilanteessa, mutta tässä työssä palomitoitus jätetään huomioimatta.

Eurokoodin mukaisessa mitoituksessa rakenteisiin kohdistuva määräävin kuormitustapaus etsitään yhdistelemällä edellä mainittuja kuormia vastaamaan mahdollisimman realistisesti valittuja mitoitusilanteita. Kuormia yhdisteltäessä kuormalle lasketaan edustava arvo kertomalla se osavarmuusluvulla ja tietyissä tapauksissa yhdistelykertoimella.

3.1.5 Materiaaliominaisuudet

Portaiden materiaalina käytetään S355-rakenneterästä, jonka myötöraja f_y on 355 N/mm^2 ja vetomurtolujuus f_u on 510 N/mm^2 . Profiilien suhteen pysytään poikkileikkausluokissa 1-2, jotta elastisuusteorian mukainen laskenta toteutuu. Materiaalivakiot saadaan Eurokoodin SFS-EN 1993-1-1 luvusta 3.2.6:

- Rakenneteräksien kimmokerroin $E = 210000 \text{ N / mm}^2$
- Liukukerroin $G = 81000 \text{ N / mm}^2$
- Poissonin luku $\nu = 0,3$

(8, s. 28.)

3.1.6 Murtorajatilan yhdistelyt

Portaiden rakenteiden kestävyyttä tarkasteltaessa käytetään Suomen kansallisessa liitteessä annettuja yhtälöitä ja arvoja. Portaiden rasituksissa ei esiinny edullisia pysyviä kuormia eikä määräävän muuttuvan kuorman lisäksi esiinny samanaikaisia muuttuvia kuormia. Tällöin lauseke supistuu muotoon:

$$E_d = 1,15K_{FI} G_k + 1,5K_{FI} Q_k \quad (6)$$

ja

$$E_d = 1,35K_{FI} G_k \quad (7)$$

missä

G_k on portaiden pysyvien kuormien ominaisarvo, joka koostuu portaiden eri osien oma-painojen summasta,

Q_k on muuttuva kuorma,

K_{FI} arvo on portaiden tapauksessa 1,0.

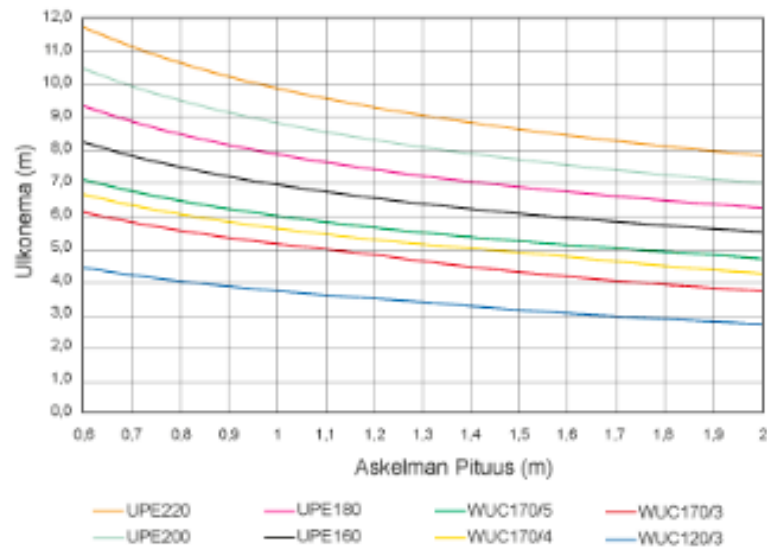
(9, s. 4.)

3.2 Robot-malli

Mallinnetaan reisilankun kuormitusmalli Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015 -ohjelmaan. Robot on FEM-pohjainen laskenta- ja mitoitusohjelma, jolla pystytään tarkastelemaan rakenteiden kuormituksia ja mitoittamaan puu-, teräs- ja beto-nirakenteita. FEM (Finite element method) on elementtimenetelmä, jossa tutkittava kohde jaetaan tarkastelupisteisiin ja joka tutkii niiden sisäisiä voimia kuormitusten valli- tessa. Laskenta ohjelmalla perustuu analyysimalliin, johon lisätään halutut kuormat ja reunaehdot laskennalle, jonka mukaan ohjelma laskee kuormitukset. Kuormituspisteitä tarkastelemalla ohjelma pystyy antamaan tarkat tiedot kuormituksista ja siirtymistä ra- kenteessa.

Opinnäytetyön tutkimusongelmana ovat osittain harhaanjohtavat taulukot reisilankun valintaan liittyen. Laskennalla pyritään luomaan selkeä reisilankun profiilivalintatau- lukko, josta käy ilmi portaan etenemä ja kuormitus. Esimerkiksi kuvan 6 taulukosta ei käy ilmi mm. kuormitusta, myötörajaa, taipumarajatilaa.

Opastusta sivupalkin valintaan



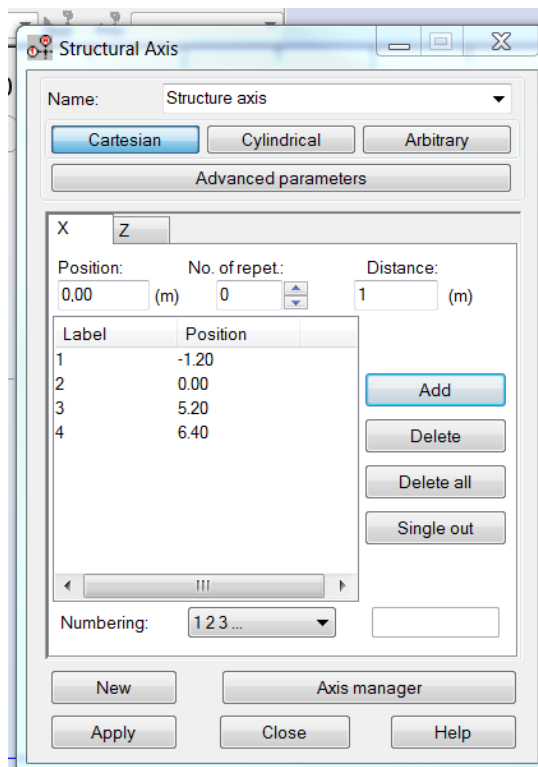
HUOM ! Sivupalkkia mitoittaessa tulee huomioida raskaat askelmat (betoni-) sekä pitkät ulkonemat.

KUVA 6. Profiilivalintataulukko. (10.)

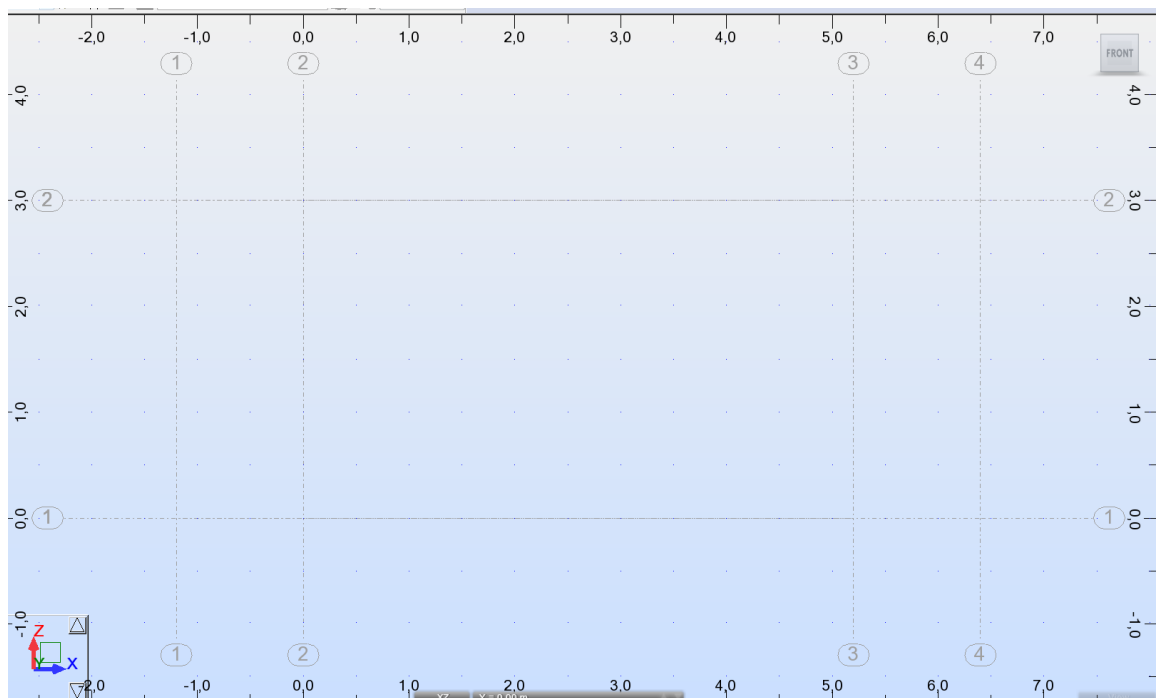
Edellä mainittuun tapaan käytiin läpi useita nousukulmaan 30° rajautuvia S355-terästä olevia eripituisia portaita ja luotiin profiilivalintataulukko. Työssä mitoitettiin eripituisia portaita erilaisille kuormituksille väliltä $1,5\text{--}5\text{ kN/m}^2$. Omaan painoon huomioitiin kaiteen, askelmien ja ritilätasojen kuorma sillä oletuksella, että niiden osuus olisi n. 10 % muuttuvasta kuormasta.

3.2.1 Laskentamallin luominen

Aluksi luodaan 2D-näkymässä grid -verkosto, johon portaen geometria mallinnetaan. Grid-verkoston luominen tapahtuu klikkaamalla "Axis definition" -painiketta, jolloin Structural Axis -valikko avautuu (kuva 7). Verkosto määritellään x- ja z-suuntaisille koordinaattilinjastoille. "Numbering" -alavetovalikosta määritellään verkoston tunnistetyyppi (numerointi, kirjaimisto). "Position"-valikosta määritellään verkoston asema, "Distance" määrittelee matkan seuraavaan moduulilinjaan ja "No. of repet" määrittelee kopioituvien moduulilinjojen lukumäärän määrittelyllä etäisyydellä toisistaan. Verkosto tulee näkyväksi malliin klikkaamalla Apply-painiketta (kuva 8).



KUVA 7. Grid-valikko.



KUVA 8. Luotu grid -verkosto mallissa.

Seuraavaksi määritellään käytettävä profiili Bars-valikosta (kuva 9). Bar type -valikosta voidaan valita tallennettuja asetuksia mitoitukseen liittyen. Klikkaamalla valikon vieressä olevaa kolmea pistettä avautuu Member definition-välilehti, missä voidaan määritellä halutut asetukset reisilankun mitoitukseen (kuva 10).

Bars

Number: 4 Step: 1

Name: 4

Properties

Bar type: Porras

Section: UPE 200

Default material: STEEL

Node coordinates (m)

Beginning: -1.20; 0.00

End:

☐ Drag

Axis position

Offset: None

Add Close Help

KUVA 9. Bars-valikko.

Member Definition - Parameters - SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009

Member type: Porras

Buckling (y axis)

Member length l_y : 1.00

☐ Real ☒ Coefficient

Buckling length coeff. y: 1.00

Buckling curve y: c

Buckling (z axis)

Member length l_z : 1.00

☐ Real ☒ Coefficient

Buckling length coeff. z: 1.00

Buckling curve z: c

☐ Flexural-torsional buckling

Lateral buckling parameters

☐ Lateral buckling

Load level: None

Critical moment: ☒ Auto ☐ User

Lateral buckling curve: auto

Lateral buckling length coefficient: None

General method [6.3.2.2] ☐ Detailed method [6.3.2.3] ☒ Simplified method for beams with lateral restraints [6.3.2.4] ☐

$\Lambda_{LT,0}$: 0.4

β : 0.75

k_{fl} : 1.1

Additional sets of member parameters

☒ Limit deflections and displacements: Service

☐ Complex sections: Complex

☐ Thin-walled sections: Thin-walled

☐ Fire analysis parameters: Fire

Save Close More... Note Help

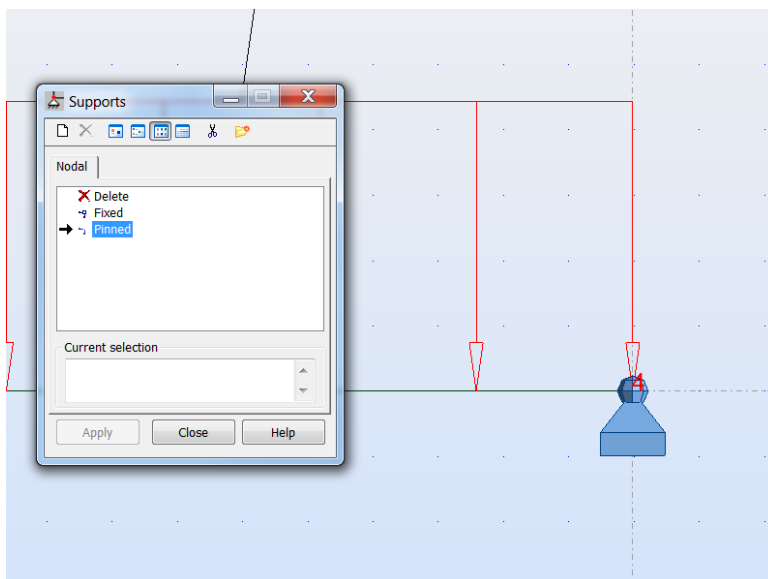
KUVA 10. Asetusten määrittäminen.

Kun reililankun ominaisuudet on määritelty, voidaan piirtää portaan geometria (kuva 11). Reililankulle ja lepotasolle määriteltiin erilaiset asetukset ja mallinnettiin moduuliverkoston. Ohjelma luo sauvojen päihin pisteet automaattisesti. Sauvojen yhdistyessä samassa pisteessä, luo ohjelma niiden välille hitsatun liitoksen automaattisesti.



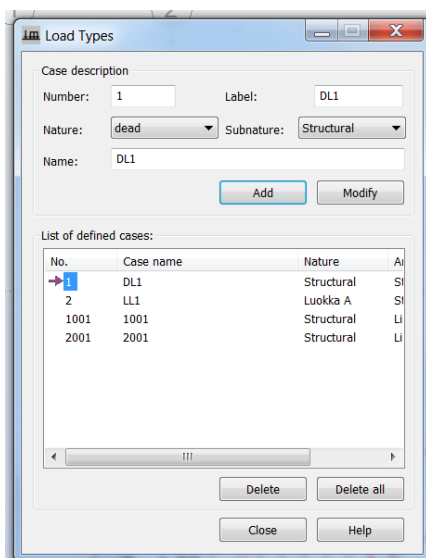
KUVA 11. Portaan geometria.

Robotissa on valittavissa kaksi tuki- ja liitos vaihtoehtoa: jäykkä liitos (fixed) ja nivel liitos (pinned). Supports-välilehdeltä (kuva 12) valitaan tukipistetyyppi, joka on tässä tapauksessa nivel ja määritetään tukipisteet rakenteen päihin (solmut 1 & 4).

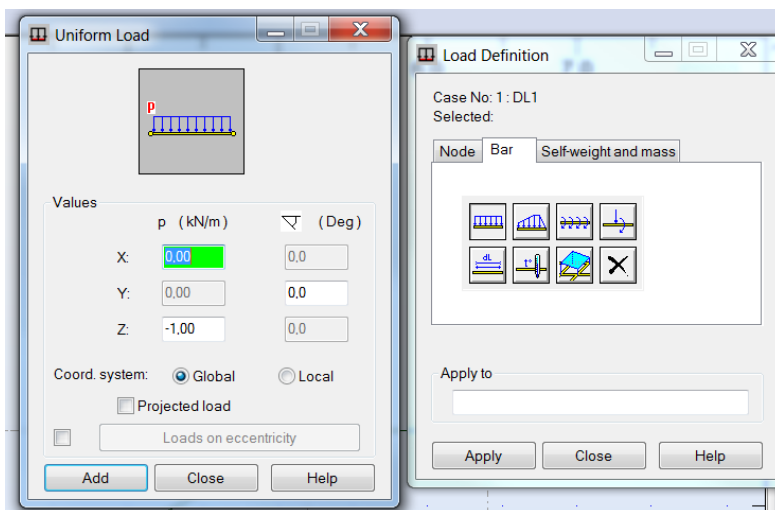


KUVA 12. Tuen määrittäminen.

Kuormat rakenteelle määritellään Load types -välilehdeltä (kuva 13). ”Dead load” on Robotin määrittelemä automaattinen rakenteen omapaino ja ”live load” on rakenteelle esiintyvä muuttuva kuorma. Kuormitustapaukset on tärkeää valita oikein yhdistelykertoimien vuoksi. Robot määrittelee kuormitusyhdistelmille automaattisesti oikeat kertoimet hyödyntäen Eurokoodeja.

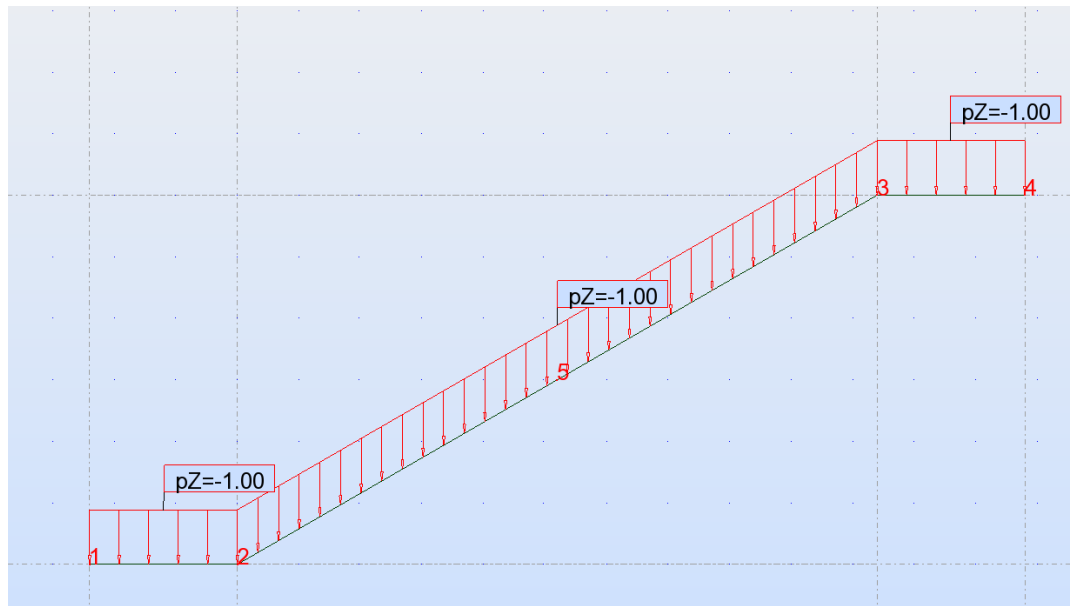


KUVA 13. Kuormitustyytit



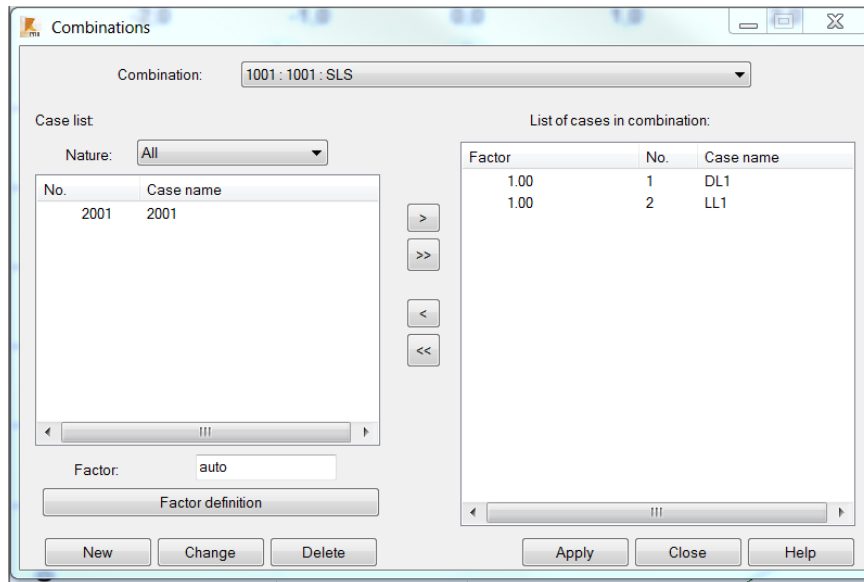
KUVA 14. Kuormituksen määrittäminen.

Load-definition -välilehdeltä määritetään kuormitustyyppi ja haluttu kuormitus-suunta, joka on tässä tapauksessa kohtisuora viivakuorma ylhäältä alaspäin (kuva 14). Kuormitus määritellään rakenteelle klikkaamalla yksittäistä sauvaa, jolloin kuormitus ilmestyy rakenteen päälle (kuva 15).



KUVA 15. Kuormitettu rakenne.

Seuraavaksi määritellään rakenteelle kohdistuvat kuormitusyhdistelyt Manual combinations -välilehdeltä (kuva 16). Yksinkertaistettu laskenta on tehty vain murtorajatilien sekä käyttörajatilan yhdistelmillä (SLS/ULS). Itse laskenta suoritetaan painamalla calculations -painiketta, jolloin ohjelma laskee rakenteen rasitukset.



KUVA 16. Kuormitusyhdistelyjen määrittäminen.

Analysoituja tuloksia voidaan tarkastella Steel/Aluminum Design -välilehdeltä. Portaiden tapauksessa mitoittavaksi tekijäksi tuli taipuman arvo $L/400$, joka määräsi valettavan profiilin reisilankuille. Liittessä 1 on esitetty tarkemmin mitoituksen tulokset yhdelle mitoitetulle portaalle.

4 TIETOMALLI

Rakentamisen nykyinen suuntaus on kohti entistä monimutkaisempaa arkkitehtuuria, joka vaatii suunnittelijoilta ja rakentajilta entistä innovatiivisempia ratkaisuja ja hankkeiden toteutuskelpoisuutta. Rakennushankkeen onnistumisen ja turvallisuuden takaamiseksi yksityiskohdat ja tiedot on hyvä olla tiedossa jo hankkeen suunnitteluvaiheessa.

Käyttämällä hankkeessa toteutuskelpoisia malleja rakentamisesta voi tulla halvempaa, parempaa ja nopeampaa. Työmaalla esiintyvä ongelmanratkaisutilanteet voidaan minimoida hyödyntämällä tietomallinnusta. Mahdolliset suunnitteluvaiheessa esiintyvät virheet voidaan havaita jo ennen töiden aloittamista, prosessit voidaan suunnitella ja aika-
tauluttaa.

Kokoonpanojen esivalmistus rakentamisessa on myös suuntaus, jolla haetaan säästöjä ja suurempaa automatisointia rakennushankkeessa ja joka vaatii ehdottoman tarkkaa tietoa mallinnuksessa. Tehdasvalmisteisten rakennusosien on luonnollisesti sovittava täsmälleen paikoilleen ja tultava työmaalle oikea-aikaisesti samalla, kun jokaisen hankeosa-
puolen on tavoiteltava valtavaa määrää muuttuvaa tietoa. Nämä prosessit vaativat täsmällistä, ajantasaista ja todellisuutta vastaavaa tietoa, joka tulee olla helposti saatavilla hyödyntämällä toisin sanoen toteutuskelpoisia malleja suunnittelussa. (11.)

Tietomalli (BIM) on rakennuksesta luotu digitaalinen todellisuutta vastaava virtuaalimalli. Tämä tietojen kokonaisuus tukee rakennuksen ja rakentamisen suunnittelua kaikissa vaiheissa ja mahdollistaa paremman analytiikan ja hallinnan kuin manuaaliset prosessit. Digitaalisesti koostettu tietomalli sisältää rakennuksen täsmällisen geometrian ja tiedot, joita tarvitaan rakentamisen, osien valmistuksen ja hankintatoimen tukena rakennusvaiheessa. BIM -teknologia hyödyntää edellä mainittuja tietoja ja se tulee sanoista Building Information Modeling, joka on yleisesti käytetty lyhenne tietomallinnukseen liittyen. (12.) Tietomalli mahdollistaa esimerkiksi:

- Suunnitteluprosessin tehostamisen ja tiedonsiirron parantamisen
- Investointipäätösten tukemisen, kun vertaillaan ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- Hankkeen informaation käsittelyn käytön ja ylläpidon aikana

- Elinkaarianalyysin tukemaan suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseurainta. (13. s. 5.)

Dokumenttipohjaiseen toimintaan verrattuna tietomallinnuksen etuna on sen tarjoama havainnollisuus kolmiulotteisuutensa ansiosta. Hankkeen tiedot ovat löydettävissä mallista, josta voidaan tulostaa tarvittavat dokumentit eikä tieto ole hajallaan eri raporteissa ja piirustuksissa. Dokumenttien tietosisältö voidaan sovittaa vastaamaan käyttäjän tarpeita. Esimerkiksi työvaihekohtaiset ja havainnekuvat ovat helposti tuotettavissa tietomallista perinteistä piirustusta riisutummalla tietosisällöllä, mikä edesauttaa niiden tulkintaa ja käyttöä.

Tietomallista voidaan tuottaa halutut dokumentit automaattisesti tai puoliautomaattisesti. Malli itsessään varmistaa sen, että tuotetut dokumentit eivät ole keskenään ristiriidassa. Esimerkiksi plaanikuvien ja leikkausten täytyy olla ristiriidattomia keskenään ja määrälisöjen on vastattava tarkasti mallin määriä. Mallien yhteensopivuus eri suunnittelualojen välillä varmistetaan yhdistämällä kaikki osamallit yhdistelmämalliksi. (14.)

Tietomallia voidaan tuottaa eri suunnitteluohjelmilla, joten tarvitaan eri ohjelmien väliseen tiedonsiirtoon yhteinen siirtomuoto objektien älykkääseen tiedonsiirtoon. Toimivin tapa toteuttaa avointa tietomallinnusta on käyttää IFC (Industry Foundation Classes) -tiedostomuotoa, joka sisältää tiedon rakennusosien muodoista ja ominaisuuksista. IFC:n avulla Tekla-malli liittyy arkkitehti- ja talotekniikkamalleihin ja enenevässä määrin myös tehdassuunnittelumalleihin. (15.)

Tietomallinnuksen päätavoitteet ovat kestävän kehityksen mukaisen hankeprosessin tukeminen, suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden parantaminen. Mallinnuksen täyden hyödyn takaamiseksi projekteille asetetaan hankekohtaiset tavoitteet ja vaatimukset. Tyypillisimmät mallinnukselle asetetut tavoitteet ovat esimerkiksi:

- Suunnittelun ja suunnitelmien yhteensovittamisen auttaminen
- Rakennusprosessin ja lopputuotteen laadun varmistaminen
- Rakentamisaikaisien prosessien tehostaminen
- Osapuolien sitouttaminen hankkeen tavoitteisiin mallin avulla
- Suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen. (13. s. 5.)

Lähtökohtana tietomallista saatavien tulosteiden tuottamiseen voivat olla käyttäjän itse määrittelemät tietotarpeet. Tietomallipohjaisen suunnittelun etu on sen mahdollistama tietojen toimittaminen helposti sähköisessä muodossa. Tulosteissa voidaan esittää vain se tieto, mitä sillä hetkellä tarvitaan, jolloin pystytään vähentämään turhan tiedon määrää dokumenteissa. Dokumentit pyritään tuottamaan vastaamaan 2D-tuotettavia tulosteita, sillä työmaalla on vain harvoin käytössä ohjelmia, joilla voidaan tarkastella tietomallia tai tulostaa piirustuksia. Jos tietomalliin olisi pääsy hankkeen eri osapuolilla, voisi mallista tuottaa tietoa vastaamaan käyttäjän itsensä (työmaa, tehdas, suunnittelija) määrittelemiä tarpeita. (16.)

4.1 Tekla Structures

Tekla Structures on suomalaisen Tekla Oy:n vuonna 2004 kehittämä mallinnusohjelma tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Ohjelma pohjautuu vuonna 1993 Teklan julkaisemaan teräsrakenteiden suunnitteluohjelmaan nimeltään Xsteel. Yritys kehittää mallipohjaisia ohjelmistotuotteita rakennusallalle, kunnille ja energiayhtiöille. Teklan tuotteet tarjoavat suunnittelijoille toimintoja mallipohjaisen tiedon luontia, analysointia ja muuttamista varten. Vuonna 2011 Teklasta tuli osa amerikkalaista Trimble -konsernia ja vuoden 2016 alusta Tekla organisaationa muuttui Trimbleksi. (17, 18.)

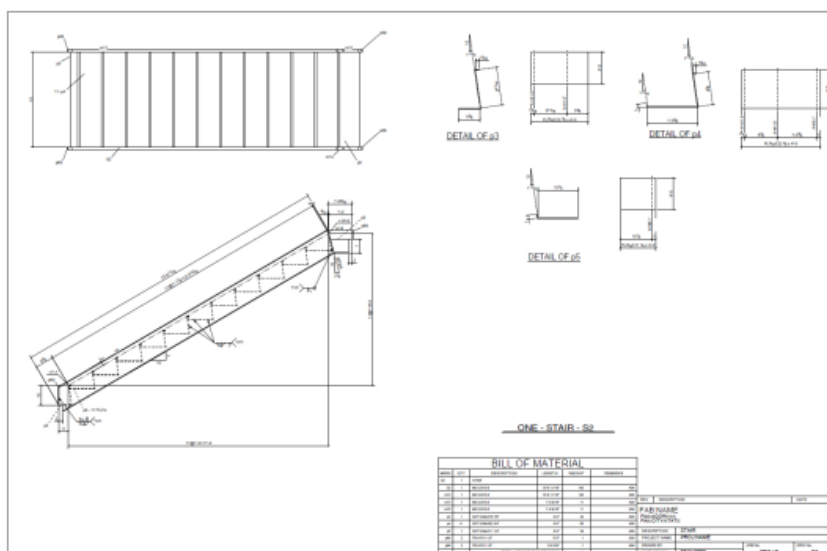
Ohjelmalla voi mallintaa kaiken tyyppisiä rakenteita jokaisesta materiaalista tai sisällyttää useita materiaaleja yhteen malliin. Ohjelmiston voi yhdistää useisiin laskentaohjelmistoihin ja luotua mallia voi käyttää myös määrälaskennassa. Samaa mallia voidaan työstää usean eri käyttäjän voimin eri suunnittelualoilta samanaikaisesti. Tällä mahdollistetaan ongelmakohtien helpompi havaitseminen. Tekla voidaan yhdistää tärkeimpiin tuotannon- tai resurssisuunnittelujärjestelmiin ja koneiden ohjausjärjestelmiin, joita esimerkiksi teräsrakenteiden, betonielementtien ja raudoitusten valmistajat käyttävät. Tuotantotiedot voidaan siirtää automaattisesti Tekla -mallista kyseisiin järjestelmiin, millä vähennetään manuaalisia töitä ja virheiden mahdollisuutta. Piirustukset voidaan hakea mallista, ja ne päivittyvät mallin mukana. (19.)

Tässä työssä kloonimallin luomiseen on käytetty Teklan versiota 21.0. Verrattuna aikaisempiin versioihin Teklan versiossa 21.0 piirustusten automatisointia on lisätty. Piirustusasetuksilla voidaan luoda useita räätälöityjä näkymiä eri asetuksilla.

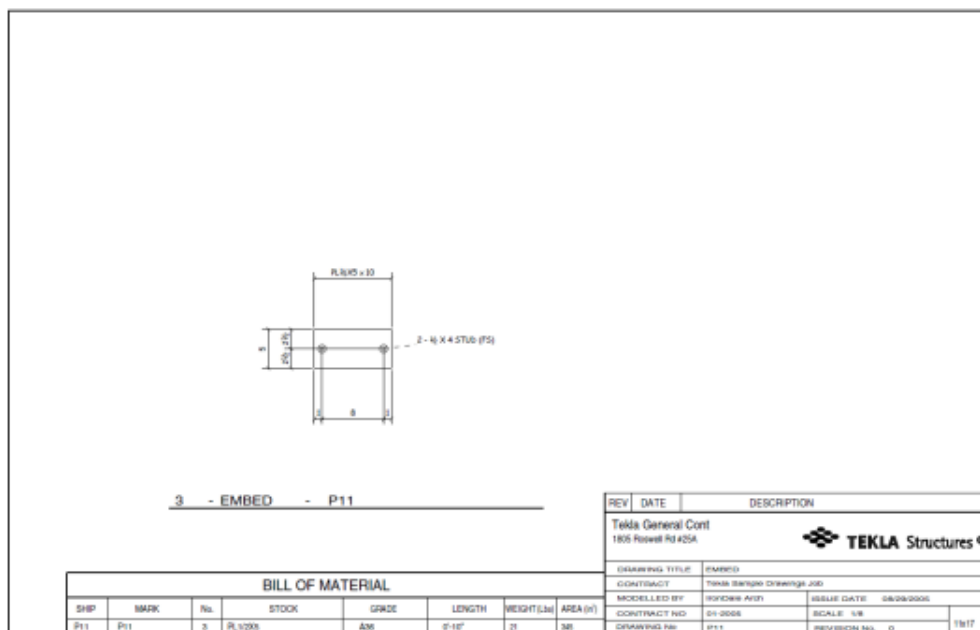
5 PIIRUSTUSTUOTANTO

Teklan kautta voidaan tuottaa viiden tyyppisiä piirustuksia. Tilanteen mukaan valitaan sopivin piirustustyyppi tilanteesta riippuen. G-piirustusta (General arrangement drawing) käytetään plaanipiirustuksia ja asennuspiirustuksia luodessa. Tällöin piirustus luodaan mallista valitun näkymän mukaan samoilla näkymäsyvyyksillä kuin mallissa ja piirustuksessa esitetään samat osat mitkä näkymästä on suodatettu näytettäväksi. Tyyppillisimmät G-piirustukset ovat erityyppisten osien asennuspiirustukset kuten anturaplaani, paalutuspiirustus ja elementtikaaviot.

Opinnäytetyön kannalta keskeisimmät piirustustyypit ovat teräsrakenteisia piirustuksia luodessa käytettävät A- ja W-piirustukset. A-piirustus (Assembly drawing) luodaan kokoonpanoista, jotka muodostuvat yksittäisistä toisiinsa hitsein liitetyistä osista. Piirustuksissa esitetään miten kokoonpanon osat liittyvät toisiinsa (kuva 16). W-piirustus (Single-part drawing) luodaan jokaisesta yksittäisestä teräsosasta, joka esiintyy tietyssä kokoonpanossa. Osapiirustuksissa osille annetaan yksilölliset tunnuksot ja mitat osien valmistusta varten (kuva 17). Teräsrakenteiset piirustukset tehdään konepajoja varten tuotantopiirustuksiksi. Teräsrakenteita käsittelevissä G-piirustuksissa esitetään mihin kokoonpanot asennetaan ja miten kokoonpanot kiinnittyvät toisiinsa. Multidrawing on myös konepajapiirustus, jota käytetään kun halutaan esittää yhdellä piirustuksella useita osa- tai kokoonpanopiirustuksia. Tässä työssä kloonipohjana käytettävät piirustukset teräsportaista ovat A- ja W-piirustuksia.



KUVA 16. Esimerkki A-piirustuksesta. (20, s. 41.)



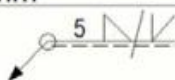
KUVA 17. Esimerkki W-piirustuksesta. (20, s. 36.)

C-piirustus (Cast unit drawing) on betonisesta osasta luotava piirustus, jossa esitetään valuyksikön valmistamiseen vaadittavat tiedot. Piirustusta käytetään elementtipiirustuksia luodessa elementtitehtaita varten tai paikallavalurakenteita tehtäessä työmaata varten. (20, s. 26–45.)

5.1 Piirustukset

Teklasta tuotettavat piirustukset koostuvat kahdesta osasta, kehyksestä (Layout) ja näkymistä (View). Layout-valikosta määritellään piirustuksen koko, nimiöasetukset, dokumenttityyppi ja piirustuksessa esitettävät taulukot (17, s. 16.). Konepajapiirustukset ovat A3-kokoisia, mittakaavaltaan 1:10, 1:15 tai 1:20 piirustuksia. Osapiirustukset esitetään A4-kokoisina mittakaavalla 1:1, 1:2, 1:5 tai 1:10. Mikäli rakennetta ei voida selvästi esittää A3-kokoisessa piirustuksessa, käytetään kokoa A2 tai A1. (21, s. 10.)

Piirustuksissa esiintyvät taulukoita voidaan muokata ja luoda Template Editor -työkalulla. Taulukoiden toiminta perustuu ehtolauseisiin, joiden avulla haetaan tietoa tietomallin yleisistä tiedoista tai osan/kokoonpanon tiedoista. Konepajakuviissa esitetään yleistekstitaulukko, joka sisältää piirustuksessa esitetyn teräsosan tekniset tiedot (kuva 18) sekä osaluettelo (kuva 19). (21, s. 6–8.)

Quality control according to quality plan	Execution class: EXC2 (EN1090-2)
Structural class:	Tolerance class: SFS EN 13920
Preparation grade: P2 (SFS-EN ISO 8501-3)	Fabrication tolerances:
Welding class: C (SFS-EN ISO 5817)	- length tolerance
Thermal cutting class: 442 (SFS-EN ISO 9013)	Pre-camber: 20 mm
Surface treatment: FeSa2,5 EP120/2 EN12944	Welds, if not otherwise noted: 
Colour: RAL 7047	

KUVA 18. Esimerkki yleistekstitaulukosta. (21, s. 7.)

Part	Profile	Length (mm)	Material	Pcs	kg/Pcs
H1	PL15X192	230	S355J2G3	2	3.4
H2	PL20X80	195	S355J2G3	8	2.3
H3	PL15X140	195	S355J2G3	2	3.2
HH1	WQ200-5-40X190-20X365/15	5650	S355J2G3	1	748.1
T1-H-101	TOTAL WEIGHT OF ASSEMBLY [kg]				779
	ASSEMBLIES TO BE MANUFACTURED [pcs]				1

KUVA 19. Esimerkki osaluettelosta. (21, s. 8.)

Näkymä (View) on kuvanto koko mallista, osasta mallia tai yksittäisestä osasta. Piirustuksessa voi olla yksi tai useampi näkymä piirustuksen luonteesta riippuen. Näkymät voivat sisältää erityyppisiä objekteja, kuten rakennusobjekteja. Nämä objektit muodostuvat esimerkiksi osista, pulteista, hitseistä, raudoitteista, pintakäsittelystä jne. Lisäksi on merkintäobjekteja kuten mittoja ja osa-/kokoonpanotunnuksia sekä itsenäisiä objekteja, jotka eivät ole osa mallia, kuten teksti- ja dwg -tiedostoja sekä referenssimalleja. (20, s. 17.)

6 KLOONIMALLI

Opinnäytetyön päätavoite on perustaa Pöyry Finland Oy:lle kloonimalli, johon tullaan kokoamaan erityyppisiä teräsportaita. Portaille luodaan valmiit piirustukset muokkaamalla piirustusasetuksia. Portaiden piirustuksista luodaan kloonipohjat, joita voidaan käyttää tulevilla projekteilla teräsportaiden piirustusten tuottamiseen. Tulevaisuudessa kloonimalliin on tarkoitus tuoda muunkin mallisia kuin suoria portaita, joista tehdään vastaavat kloonipohjat. Tämä opinnäytetyö kattaa vain suorille teräsportaille tuotetut piirustuspiirustukset. Kloonipohjien toimivuuden varmistamiseksi on piirustuksissa käytettyjen piirustustason- ja näkymätasonasetusten toimittava mahdollisimman tehokkaasti.

6.1 Kloonimallin luonti

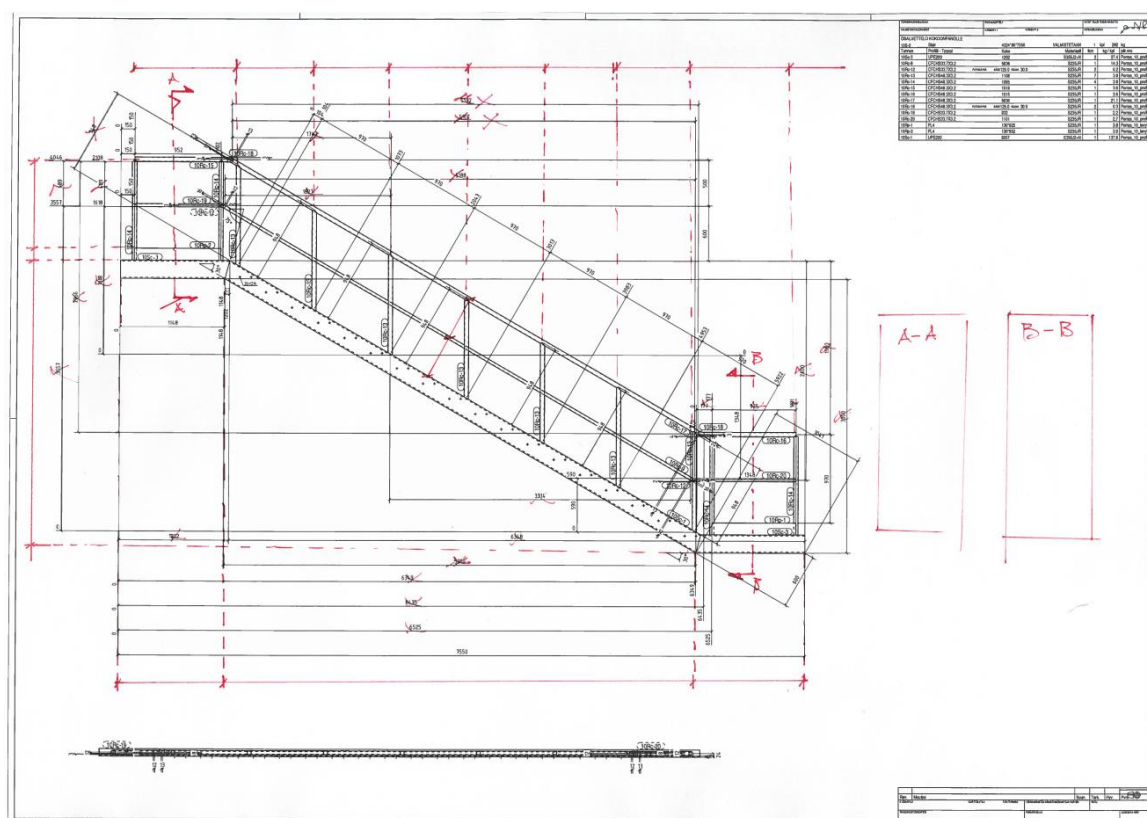
Kloonimalli luodaan tilaajayrityksen verkkolevylle, johon on pääsy kaikilla yrityksen toimistoilla. Ensin malliin luodaan moduuliverkko, joka nimetään rakennetyypin prefixin eli etuliitteen mukaan. Mallipohjien luomista varten tuodaan malliin valmiita teräsportaita eri referenssikohteista Kopiokone-nimisellä makrolla, jolla saadaan ohjelma suorittamaan mallinnustehtäviä käyttäjän puolesta.

Kopiokoneen käyttö aloitetaan suodattamalla näkyviin vain halutut kohteet ja valitaan Macros työkaluvalikosta. Käynnistetään Kopiokone-työkalu Macros -valikosta, jolloin avautuu ikkuna, josta voidaan valita malli, mihin elementit voidaan kopioida. Mikäli kohdemallin koordinaatisto unohtuu määrittellä, kopioi työkalu osat samaan kohtaan koordinaatistoa kuin kopioitavassa mallista. Portaiden kopioimisen jälkeen tarkastetaan sen osat läpi varmistaen osien nimien ja luokkien oikeellisuuden.

6.2 Piirustusasetusten luominen

Piirustusten tehokkuuden varmistamiseksi, on kloonimallissa esiintyvien teräsportaiden piirustusten oltava mahdollisimman kattavat. Käytettäessä piirustuksia kloonipohjina, kopioituvat samat näkymät ja asetukset uuteen piirustukseen kloonipohjissa käytettyjen asetusten mukaisesti. Piirustusasetusten luomisessa pyritään siihen, että automaattiasetukset mitoittaisivat mahdollisimman paljon asioita teräsportaisiin, sillä manuaalisesti lisätyt mitat eivät kopioitu välttämättä oikein muihin piirustuksiin.

Piirustusasetusten muokkaaminen aloitetaan tekemällä teräsportaista piirustukset ole-massa olevilla asetuksilla (Liite 3). Luotuihin piirustuksiin pyydetään kommentteja ko-keneilta suunnittelijoilta teräsportaiden tekemiseen liittyen sekä projektipäälliköiltä, joilla on kokemusta piirustusten tarkastamisesta. Piirustuksia vertaillaan esimerkkipiirustuksiin ja etsitään eroavaisuuksia niiden välillä. Samanaikaisesti mietitään, pysty-täänkö kyseiset portaot toteuttamaan tehtaalla kyseisen piirustuksen avulla tehokkaasti ja ongelmitta. Piirustuksen mittojen ja tietojen tulee olla yksiselitteisiä, jottei portaiden valmistuksessa esiinny turhia virheitä.



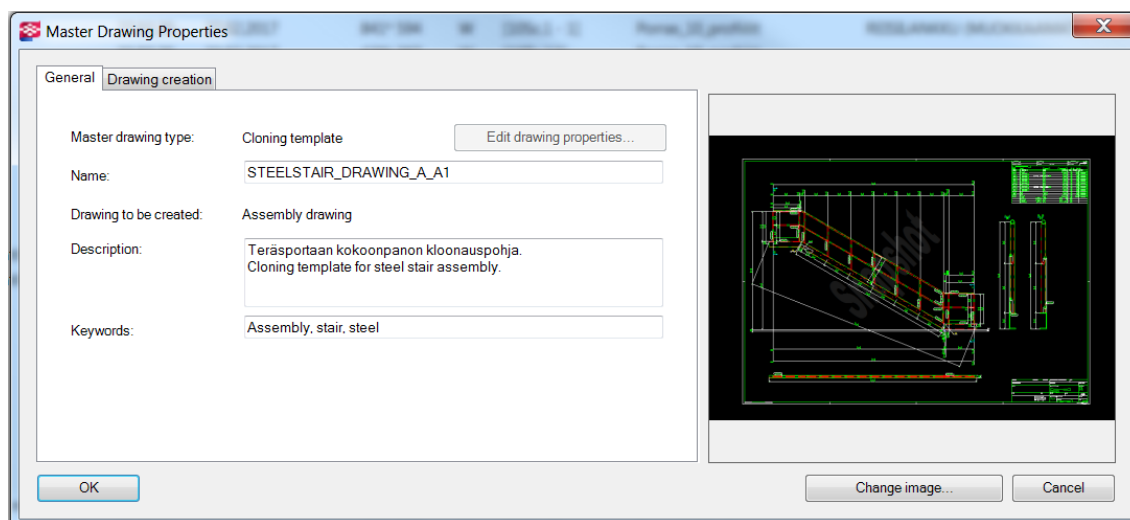
KUVA 20. Kommentoitu kokoonpanopiirustus.

Suunnittelijat ja projektipäälliköt merkitsevät piirustuksiin kommentteja, jotka käydään läpi yhdessä kommenttien antajan kanssa. Korjattavat asiat käydään läpi Teemu Ahosen kanssa ja päätetään korjauksista. Kaikkia asioita ei pystytä Teklassa korjaamaan automaattisia näkymäasetuksia muokkaamalla, joten Ahosen kanssa päätetään, mitä ongelmia kannattaa korjata ja mitä ei. Kommenttien perusteella muokataan automaattiasetuksia, mitoitus ja merkintätapoja.

Korjausten jälkeen tehdään portaista uudet piirustukset korjatuilla asetuksilla ja tehdään tarkastus mahdollisten ongelmien esiintyessä. Liitteenä 4 on saman portaan korjatut piirustukset kuin Liitteessä 3.

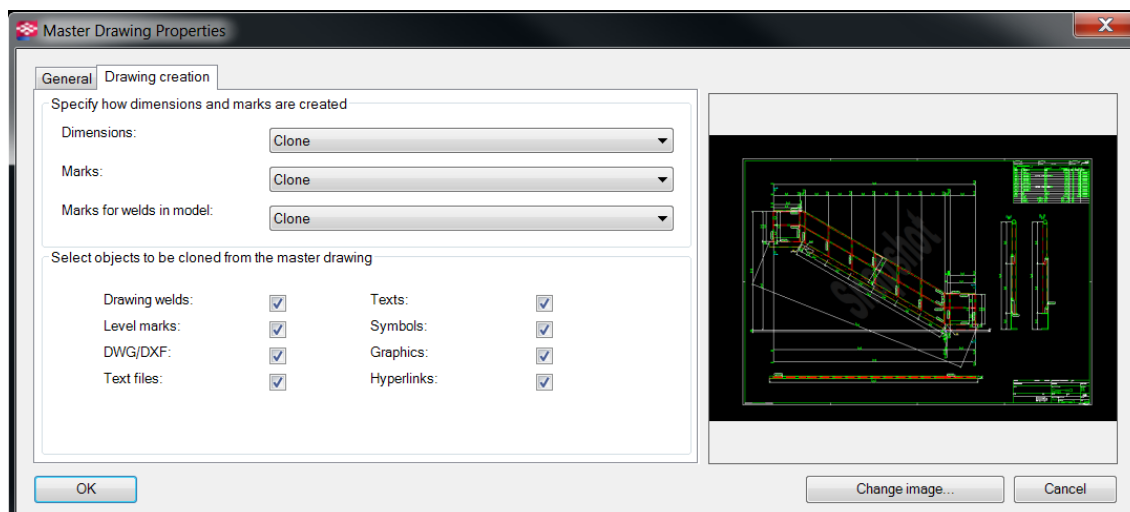
6.3 Kloonipohjat

Kloonipohja luodaan valitsemalla aktiiviseksi se piirustus, josta halutaan tehdä kloonipohja. Valinnan jälkeen klikataan hiiren oikeaa näppäintä ja aktivoidaan Add to Master drawing catalog. Tämän jälkeen määritellään ikkunassa piirustukselle sen nimi ja kuvaus, jossa esiintyvä teksti näytetään kloonipohjan kuvauksessa Master Drawing Catalogilla (kuva 21). Kloonipohjalle voidaan myös määritellä kuva, joka näkyy esikatselukuvana ja katalogissa. Kloonipohjille luodaan kuvakaappaukset piirustuksista, joista ne on tehty. (20, s. 80.)



KUVA 21. Kloonipohjan asetukset.

Drawing Creation -välilehdellä määritellään, mitä asioita kloonipohjasta kopioituu käytettäessä sitä piirustusten luomiseen (kuva 22). Mitoille, tunnuksille ja hitsimerkinnoille voidaan valita kolme vaihtoehtoa miten ne uudessa piirustuksessa määräytyvät. Lisäksi kloonipohjassa esiintyvien muiden objektien kopioituminen piirustukseen voidaan määritellä samasta valikosta. (20, s. 85-86.)



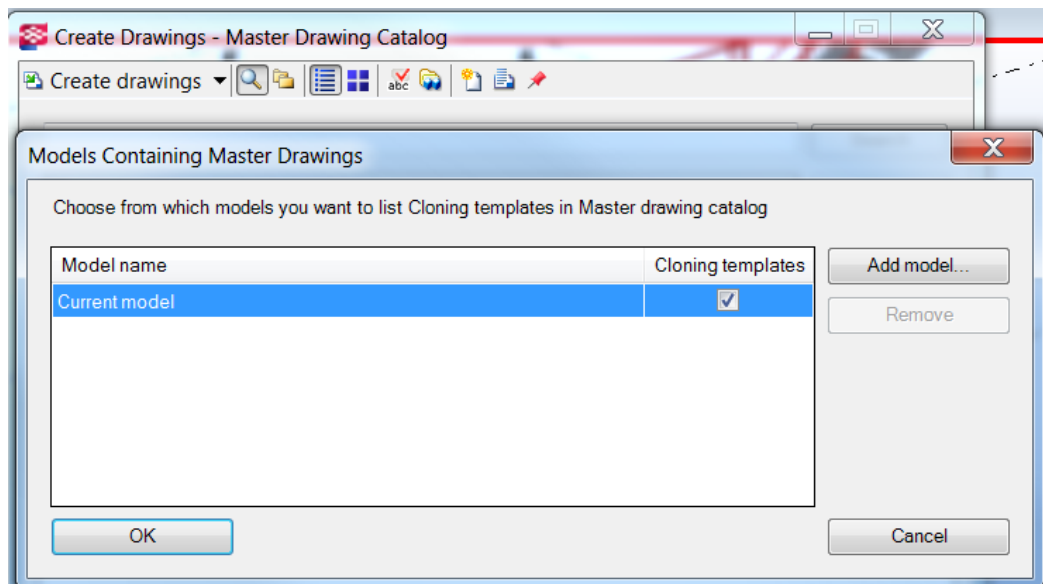
KUVA 22. Kopioituvien asioiden määrittäminen.

Ensimmäisenä vaihtoehtona piirustuksen mittojen, tunnuksien ja mallinnettujen hitsien merkintöjen kloonautumiseen on Ignore. Sen ollessa valittuna ei piirustukseen kloonautu kyseisiä asioita. Clone-valinnan ollessa valittuna, käyttää kloonipohja samoja näkymä-asetuksia kuin kloonimallissa. Create-valinta käyttää myös samoja näkymä-asetuksia kuin kloonipohjassa, mutta tekee myös muita automaattisia mittoja. Näin ollen kloonipohjia kloonatessa asetetaan oletukseksi kopioitumiselle Clone-valinta.

(20, s. 85–86.)

Piirustus voidaan lisätä Master Drawing Catalogiin piirustusluettelosta, jossa valitun piirustuksen kohdalle Master-sarakkeeseen ilmestyy oranssi piirustuksen kuva, joka ilmoittaa siitä että se on lisätty Master Drawing Catalogiin. Katalogi voidaan avata valitsemalla Drawings & Reports -valikosta Create Drawings. Luotu kloonipohja saadaan näkyviin valikosta Cloning templates kohdan alta.

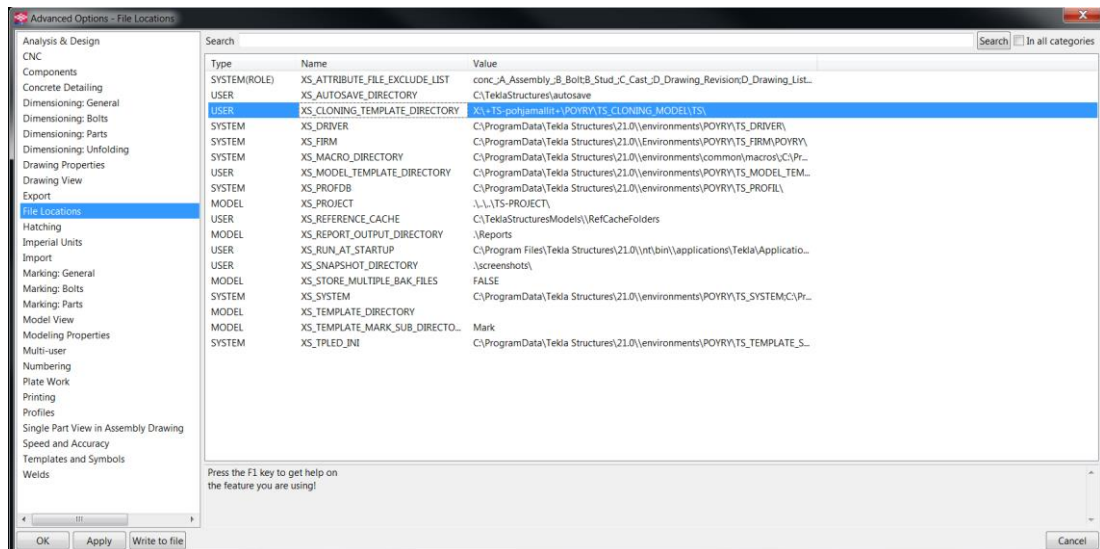
Kloonimallissa luodut piirustukset toimivat kloonipohjina kopioitaville piirustuksille. Pohjia voidaan käyttää jos mallissa esiintyy paljon samantyyppisiä osia ja kokoonpanoja, kuten portaissa. Jotta kloonipohjia voidaan käyttää muissa malleissa, tulee ne hakea malliin Master Drawing Catalogin kautta. Katalogin työkaluriviltä valitaan aktiiviseksi kuvake, jossa on neljä neliötä. Seuraavaksi avautuu valintaikkuna, josta voidaan hallinnoida malleja, joista kloonipohjia haetaan. Haluttu kloonimalli haetaan taulukkoon Add model -komennolla ja valitsemalla oikea mallikansio (kuva 23). (20, s. 91–94.)



KUVA 23. Kloonipohjan haku toisesta mallista.

Vaihtoehtoinen tapa kloonimallin polun määrittelemiseen tapahtuu mallin asetuksista, josta kloonipohjat haetaan. Advanced Options -valikosta voidaan muuttaa kuvan mukaiseen kohtaan kloonimallikansion polku (kuva 24). Tämä asetus toimii käyttäjätasolla, joten jokainen, joka käyttää kloonipohjia projekteissa, tulee muuttaa polku itse.

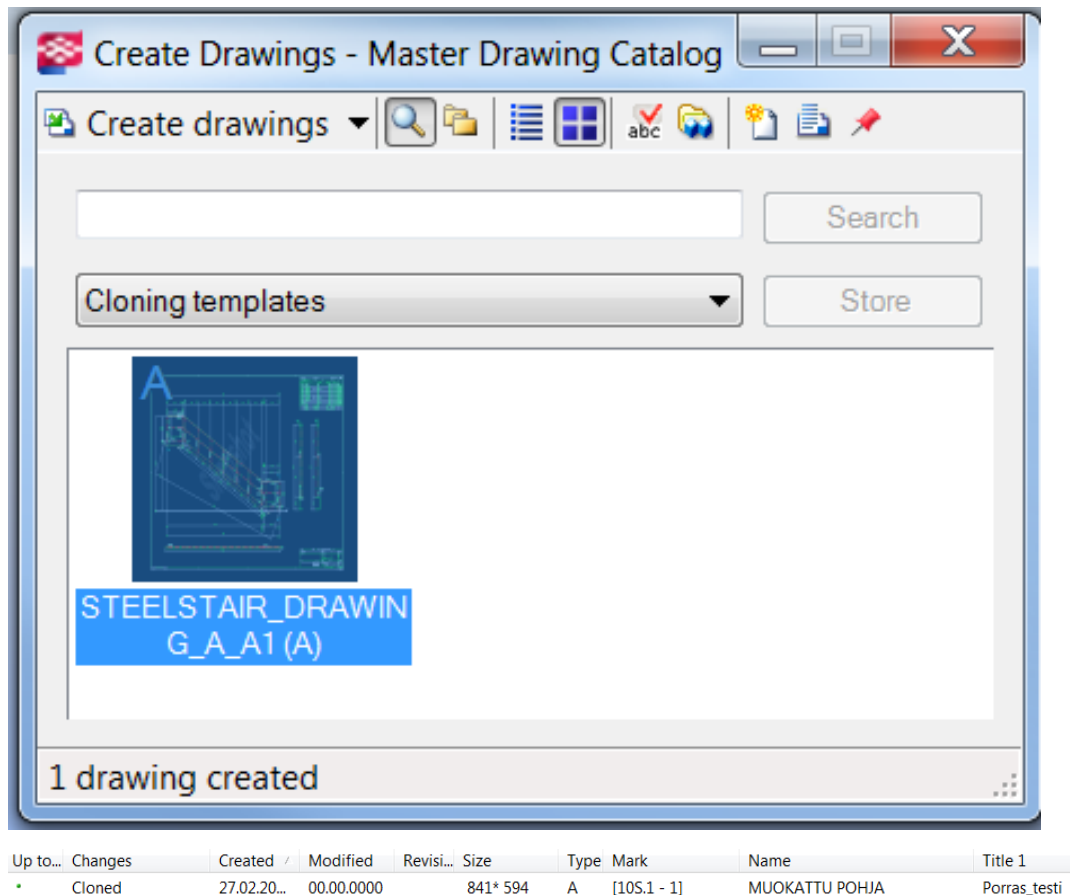
Kyseinen asetus muutetaan tilaajayrityksen pohjamalliin valmiiksi, jolloin kloonimallin oletuspolku on kyseisessä kohdassa. (20, s. 91–94.)



KUVA 24. Advanced Options -valikko.

Porras, josta luodaan piirustus kloonimallia hyödyntäen, valitaan aktiiviseksi Assembly-valinnalla. Seuraavaksi aktivoidaan kloonipohja Master Drawing Catalogilta ja painetaan Create drawings. Tämän jälkeen luotu piirustus tulee näkyville piirustusluetteloon

ja se saa samat tiedot kuin kloonimallissa oleva kloonipohja (kuva 25). Kloonattu piirustus tulee tarkastaa, sillä näkymien sijainti kloonipohjan suhteen voi olla muuttunut. (20, s. 92–93.)



KUVA 25. Piirustuksen luominen kloonipohjalla.

Jos kloonipohjien asetuksia halutaan muokata Master Drawing Catalogin kautta, tulee muutokset tehdä mallista, josta piirustukset on lisätty kloonipohjiksi. Mikäli muutokset tehdään toisessa mallissa, hävittää ohjelma ne sen mallin katalogilta. Lisäksi Tekla luo mallikansion alle .master-loppuisen tiedoston Drawings-kansioon. Kyseisen tiedoston poistaminen palauttaa kloonipohjat näkyviin katalogille.

7 MALLINNUSOHJE

Teräsportaiden mitoitus-/mallinnusohjeen tarkoitus on sovittaa yhteen tilaajayrityksen toimintatapaa portaiden suunnittelun suhteen, jolloin suunnittelijasta riippumatta portaiden tietomallin tietosisältö olisi yhtenäinen. Piirustus pohjien toiminnan takaamiseksi on oleellista, että teräsporras ja sen osat on nimetty ja mallinnettu oikein. Ohjeessa käsitellään suositeltavat komponentit teräsportaiden mallintamiseen, esitetään yksinkertainen profiilivalintataulukko reisirankulle ja ohjeistetaan kloonipohjien käytössä piirustusten tuottamiseen.

Mallintamiseen liittyvien ongelmien ja toimiviksi todettujen komponenttien kartoittamista varten haastatellaan teräsrakenteiden suunnittelijaa Jarmo Palmua, jolla on kokemusta portaiden mallintamisesta (Liite 2). Haastattelulla kartoitetaan, missä järjestyksessä portaan osat tulisi mallintaa. Tällä informaatiolla rakennetaan mallinnusohje käsittelemään komponentteja siinä järjestyksessä, miten niitä tulisi käyttää.

Mitoitus-/mallinnusohje tulee ainoastaan tilaajayrityksen käyttöön, koska se sisältää informaatiota, jota ei haluta kilpailevien suunnitteluyritysten käyttöön ja on siitä syystä määritetty salaiseksi. Tästä johtuen tässä luvussa käydään läpi yleisellä tasolla, miten ohje on luotu ja selvitetään asioita, jotka mallintaessa on huomioitava. Lopuksi esitellään käytettävät komponentit portaiden mallintamiseen.

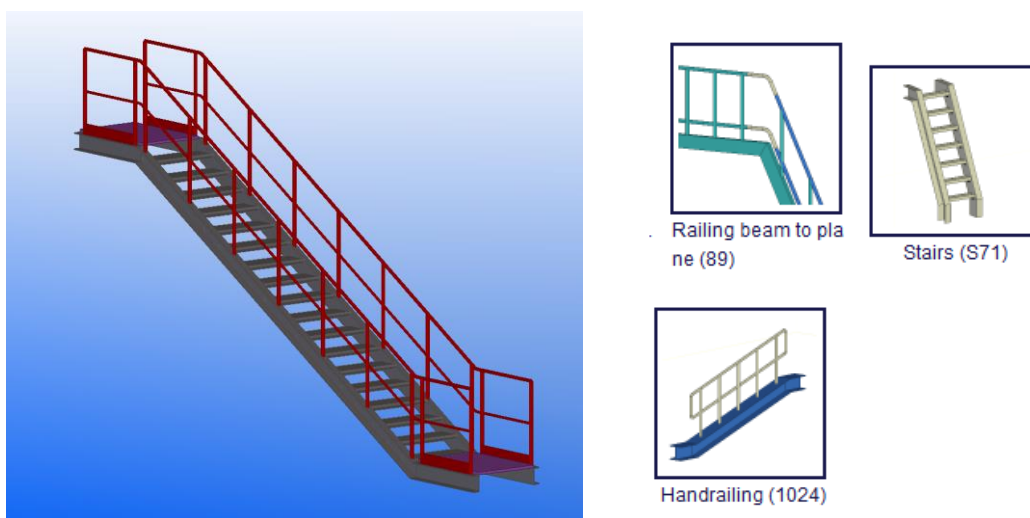
7.1 Teräsportaan mallinnus

Tässä luvussa käydään läpi teräsportaan mallintamisen vaiheet Teklassa. Ensin käydään läpi toimenpiteet, jotka tehdään ohjelman avautuessa. Seuraavaksi esitellään käytettävät työkalut ja komponentit, joita käytetään mallintamiseen ja joihin on tehty valmiita asetuksia opinnäytetyöhön liittyen.

Suuremmilla suunnittelutoimistoilla on tapana luoda oma ympäristö ohjelmaan, joihin on määritelty valmiita asetuksia osille, luotu omia komponentteja ja karsittu turhiksi koettuja ominaisuuksia. Opinnäytetyössä tehtäviä valmiita asetuksia teräsportaiden mallintamiseen käytettäville komponenteille tallennetaan Pöyryn omaan ympäristöön muiden suunnittelijoiden hyödynnettäväksi. Teklan avautuessa aukeaa valikko, jossa valitaan käytettävä ympäristö, lisenssi ja rooli.

Lisenssi valitaan sen mukaan, mitä rakennetta tullaan mallintamaan, jotta työkalut ja piirustukset toimisivat oikein. Betonirakenteita mallinnettaessa ja piirustuksia luodessa käytetään Precast Concrete Detailing -lisenssiä. Kloonimalli luotiin Steel Detailing –lisenssillä.

Teräsportaiden mallinnukseen käytetään Teklan valmiita komponentteja. Tässä kappaleessa on esitetty osa portaiden mallintamiseen käytettäväksi suositeltavia komponentteja. Komponenteille tallennettiin valmiita asetuksia suunnittelijoiden hyödynnettäväksi ja ne on esitetty kuvassa 26.



KUVA 26. Teräsportaiden mallintamiseen suositeltavat komponentit.

Stairs

Stairs -komponentti luo suoran portaan geometrian valinnaisella ylä- ja alalepotasolla. Komponentti koostaa portaan reisilankuista, lepotasoista ja askelmista. Sillä voidaan määrittää reisilankun profiili, eri osien nimet, materiaalit ja lepotasojen pituudet. Lisäksi voidaan määrittää ensimmäisen askelman lähtöpiste, viimeisen askelman lähtöpiste horisontaalisesti ja askelmien lukumäärä. Askelman tyyppi voidaan määrittää komponentista manuaalisesti tai valita suoraan valmiita askelmatyyppejä katalogin kirjastosta. Teklaan tallennettiin valmistajien tyypillisimpiä askelmaprofiileja erilliseen tiedostoon ja asennettiin ympäristöön. Käytännössä portaiden nousukulma, korkeus ja etenemä vaihtelee portaasta riippuen eri tapauksissa. Komponenttiin tallennettiin valmiiksi 30-asteen portaalle nousun ja etenemän ehdon täyttävät asetukset.

Handrailing

Handrailing -komponentilla voidaan määritellä käsijohteen, pylvään ja keskikaiteen dimensiot, materiaali, profiili, liitostyyppi ja osien nimet. Lisäksi voidaan määritellä tehdäänkö kaide potkulistalla vai ilman. Lepotasoille ja porrasosudelle tallennettiin molemmille tyypillinen kaideratkaisu, joissa kaide täyttää määräysten mukaisen suojakorkeuden.

Railing beam to plane

Railing beam to plane -komponentilla voidaan yhdistää lepotasojen ja porrasosuden kaiteet yhteen jatkuvaksi kokonaisuudeksi.

8 PÄÄTELMÄT

8.1 Tavoitteet

Teräsportaiden mitoitusta sekä tietomallipohjaista suunnittelua on kehitetty opinnäytetyössä piirustustuotannon ja mallintamisen tehostamiseksi. Opinnäytetyön päätavoite oli perustaa yritykselle kloonimalli Tekla Structures -ohjelmalla, johon tuotiin suora teräsportas. Portaan reisilankulle luotiin valmiit piirustukset automatisoimalla piirustus- ja näkymätason asetuksia mitoittamaan haluttuja asioita. Luoduista piirustuksista tehtiin reisilankun osapiirustuksen ja kokoonpanon kloonipohjat yrityksen käyttöön. Piirustusten manuaalinen muokkaus pyrittiin minimoimaan, jotta kloonipohjat toimisivat mahdollisimman tehokkaasti. Kun piirustuksia käytetään kloonipohjina, manuaalisesti lisätyt mitat eivät välttämättä kopioitu oikein.

Teräsportaiden osien tulee olla mallinnettu yhdenmukaisesti, jotta kloonipohjat toimisivat vastaavalla tavalla. Tästä johtuen osana opinnäytetyötä luotiin lyhyt mitoitus/mallinnusohje suorille teräsportaille. Ohjeita noudattamalla varmistetaan portaiden oikeanlainen mallinnus ja suunnittelun yhtenäistyminen. Ohjeessa esitetään reisilankun profiilivalintataulukko koskien eri kuormituksia ja etenemää, kerrotaan mitä komponentteja mallinnuksessa tulisi hyödyntää.

Opinnäytetyön edetessä korjattuja näkymäasetuksia ja komponenttien tallennettuja asetuksia ladattiin Pöyryn ympäristöön suunnittelijoiden käytettäväksi. Mitoitus/mallinnusohje on myös lisätty kaikkien käytettäväksi yrityksen sisäiseen verkkoon.

Henkilökohtaiset tavoitteet täyttyivät tyydyttävästi, ajallisesti työnteossa olisi ollut parannettavaa. Projektitöiden kiireellisyyden vuoksi opinnäytetyön tekemiselle ei meinannut löytyä kunnollista ajankohtaa ja toisinaan työn tekemisessä oli pitkiä taukoja.

Työn tekeminen sujui melko järjestelmällisesti aloittamalla työskentely laskentamallin parissa, josta siirryttiin työn päätavoitteeseen eli kloonimallin ja piirustusohjien luontiin. Robot-mallinnukseen perehtymisen, haastattelun sekä piirustusten kommentoinnin ansioista pääsin kehittämään vuorovaikutustaitojani uusien ihmisten kanssa. Aihe oli mielenkiintoinen, eikä siihen ollut mitään kokemuspohjaa opintojen ajalta, joten tietämys teräsportaisiin liittyen karttui erittäin paljon. Robot-ohjelman käyttöön sai hyvät

alkeet ja mallinnuksessa käytettävät komponentit tulivat tutuiksi. Edellä mainitun aikana mallinnusohjeen kirjoittaminen luonnistui tästä syystä melko helposti. On ollut mukava huomata, että opinnäytetyön aikana olen oppinut paljon asioita Teklan käyttöön ja piirustustuotantoon liittyen.

8.2 Piirustus pohjien muokkaus

Piirustus pohjien asetusten automatisoimiseksi opinnäytetyön aikana pyydettiin kommentteja olemassa olevilla piirustus pohjilla luotuihin piirustuksiin. Alkuperäisillä asetuksilla luodut piirustukset on esitetty Liittessä 3 ja korjatuilla asetuksilla luodut piirustukset on esitetty Liittessä 4. Tässä kappaleessa esitetään kommenttien perusteella korjatut asiat piirustuksissa ja miten ne paransivat piirustuksen yleisilmettä ja mitoitus.

Osapiirustuksen valmis mittapohja mitoitti reikä tiedot epämääräisesti. Näkymäasetuksia on automatisoitu mitoittamaan reiät osan suuntaisesti ja lisätty profiilin kulmatiedot piirustukseen. Nyt valmiilla pohjalla saadaan reisilankusta luotua lähes viimeistelty osapiirustus vain vähäisin muokkauksin. Reikien mittaviiva tulee kuitenkin muuttaa manuaalisesti juoksevaksi mittaviivaksi.

Aiemmin porraskokoonpanojen valmis pohja oli käytännössä hyödytön. Kaikki pohjan valmiit mitat jouduttiin poistamaan ja mitoittamaan rakenne manuaalisesti alusta alkaen. Nyt näkymäasetukset on tallennettu vastaamaan suunnittelijoiden tarpeita ja mitoittamaan rakenne mahdollisimman kattavasti. Pohjaan on automatisoitu näkymät leikkauksille ja lisätty kaiteiden mitoitus. Lisäksi part markit on automatisoitu sijoittumaan selkeästi eri osille ja hitsimerkinnät on lisätty. Reisilankun vinomitat joudutaan kuitenkin edelleen lisäämään manuaalisesti. Pohja kuitenkin toimii nyt suhteellisen tehokkaasti ja säästää merkittävästi aikaa piirustusten tuotannossa.

Tulevaisuudessa tilaajayrityksessä pyritään lisäämään portaiden määrää kloonimallissa. Tarkoitus on luoda samankaltaisia kloonipohjia muistakin porrastyypeistä. Jo tiettyjen näkymäasetusten määrittäminen ja osan piirustuksissa esiintyvien päämittojen automatisointi nopeuttaa työtä merkittävästi. Kloonipohjissa myös paperikoot ja taulukointi on automaattisesti kunnossa, eikä niitä tarvitse erikseen muuttaa. Piirustuksien näkymätason asetuksia voitaisiin kehittää loputtomasti, sillä aina on olemassa poikkeustapauksia, joita nykyiset asetukset eivät välttämättä mitoitaisi tai esittäisi oikein.

9 YHTEENVETO

Tehostetun toimintatavan takaamiseksi suunnittelussa yritysten on jatkuvasti kehitettävä nopeampia toimintatapoja rakentamiseen vaadittujen dokumenttien tuottamiseen tietomallista. Näin ollen piirustusten tekemiseen kuluva aika lyhenee ja suunnittelutyölle käytettävissä oleva aika kasvaa. Projekteissa toistuvat samankaltaisten teräsportaiden suunnittelu ja piirustusten tuottaminen, joten yrityksellä oli tarve perustaa kloonimalli, jossa teräsportaalle on luotu mahdollisimman kattavat piirustukset, joita voidaan hyödyntää tulevilla projekteilla kloonipohjina piirustusten luomiseen. Mitoitusta helpottamaan luotiin Robot-laskennan avulla selkeä reisilankun profiilinvalintataulukko, josta käy ilmi sekä portaan kuormitus, että portaan etenemä. Tämä opinnäytetyö rajattiin koskemaan vain portaita, joiden nousukorkeus rajautuu korkeuteen 3000 mm ja joiden nousukulma rajautuu 30 asteeseen.

Kloonipohjien toimivuus perustuu piirustusten näkymien automaatioon. Näkymäasetuksia muokattiin tekemällä kloonimalliin luoduista teräsportaista piirustukset olemassa olevilla asetuksilla ja kysymällä niihin palautetta yrityksen teräsrakenteiden suunnittelijoilta. Saadun palautteen perusteella muutettiin piirustuksen näkymäasetuksia vastaamaan suunnittelijoiden tarpeita. Korjatuista piirustuksista luotiin kloonipohjat, jotka tallennettiin yrityksen ympäristöön. Kloonipohjilla tehostetaan nyt portaiden piirustus-tuotantoa merkittävästi aiempaan manuaaliseen piirustusten muokkaamiseen nähden.

Näkymäasetusten automaation toiminnan takaamiseksi tulee portaiden olla mallinnettu oikein. Tästä syystä osana opinnäytetyötä luotiin myös lyhyt ohje portaiden mallintamiseen. Ohjeessa esitetään mitoitus- ja asetusohje, kuinka porraskomponentit vaihe vaiheelta mallintaa sekä kloonipohjien käyttö. Mallinnustyön nopeuttamiseksi yleisimmin käytetyille porraskomponenteille tallennettiin valmiita asetuksia. Mitoitus-/mallinnusohje määritettiin salaiseksi, koska se sisältää informaatiota, jota ei haluta kilpailevien suunnittelutoimistojen käyttöön.

Tulevaisuudessa kloonimalliin on tarkoitus tuoda muunkin mallisia kuin suoria portaita, joista tehdään vastaavat kloonipohjat. Suunnittelutyön apuna olevia vastaavanlaisia lyhyitä mitoitus-/mallinnusohjeita olisi hyvä olla myös muista yksinkertaisista teräsrakenteista. Tällä tavoin varmistettaisiin tietosisällön yhtenäisyys mallintajasta riippumatta.

LÄHTEET

- 1 Suomalainen juuriltaan – kansainvälinen osaamiseltaan. 2016. Verkko dokumentti. Pöyry.
<http://www.poyry.fi/sites/www.poyry.fi/files/media/related_material/poyry_suomi_2016_medium.pdf>
- 2 Pöyry Oyj:n kotisivu. 2016. Logopankki. <<http://www.poyry.fi/tietoa-meista/poyry-globaalisti/logopankki>>
- 3 SFS-EN ISO 14122-1 + A1. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 1: Kahden tason välisen kiinteän kulkutien valinta, 2 painos.
- 4 SFS-EN ISO 14122-3 + A1. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: Porrastikkaat ja suojakaiteet.
- 5 RT 88-11018. Portaat ja luiskat.
- 6 RT 91-10498. Paarikuljetuksen tilantarve.
- 7 SFS-EN 1990 + A1 + AC. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet.
- 8 SFS-EN 1993-1-1. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.
- 9 SFS-EN 1990. Eurokoodi. Kansallinen liite.
- 10 Opastusta sivupalkin valintaan. 2017.
<http://www.finnrasti.fi/?ID=RAKA_TRAPPOR_PROJEKTERING>. Luettu 6.2.2017.
- 11 Mallinnusta rakentamisen, ei piirustusten tarpeisiin. 2017. Verkkodokumentti. Trimble Solutions Oy. <<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/rakennettavuus>>. Luettu 14.1.2017.
- 12 Mitä on BIM? 2017. Verkkodokumentti. Trimble Solutions Oy.
<<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>>. Luettu 14.1.2017.
- 13 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV) versio 1.0 Osa 1: Yleinen osuus 2012. BuildingSMART Finland. Helsinki.
- 14 Tietomallinnus. 2017. Verkkodokumentti. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto (RIL). <<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>>. Luettu 14.1.2017.
- 15 Trimble kannattaa avointa tietomallia (Open BIM). 2017. Verkkodokumentti.
<<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/open-bim>>. Luettu 14.1.2017.

- 16 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, Tekstiosa, RIL 229-1-2013. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 17 Edistyksellisiä ohjelmistoja rakennusalalle. 2017. Verkkodokumentti. <<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meista/lyhyesti>>. Luettu 15.1.2017.
- 18 Together we are shaping a smarter future for construction. 2017. Verkkodokumentti. <<https://www.tekla.com/evolution/what.html>>. Luettu 15.1.2017.
- 19 Tekla Structures. 2017. Verkkodokumentti. <<https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>>. Luettu 15.1.2017
- 20 Tekla Structures Drawing Guide. 2015. Verkkodokumentti. Tekla. <https://teklastructures.support.tekla.com/system/files/Drawing%20Guide_210_enu.pdf>.
- 21 Ruukki. 2012. Ruukki Workshop drawing guide 1.2.

Liite 1. Robot-laskenta

STEEL DESIGN

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 1 1

POINT: 3

COORDINATE: $x = 1.00$ $L = 1.20$ m

LOADS:

Governing Load Case: 2001 2001 1*1.35+2*1.50

MATERIAL:

S355 (S355) $f_y = 355.00$ MPa

**SECTION PARAMETERS: UPE 270**

$h=270.0$ mm	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=95.0$ mm	$A_y=2882.50$ mm ²	$A_z=2218.75$ mm ²	$A_x=4480.00$ mm ²
$tw=7.5$ mm	$I_y=52550000.00$ mm ⁴	$I_z=4010000.00$ mm ⁴	$I_x=199000.00$ mm ⁴
$tf=13.5$ mm	$W_{ply}=451000.00$ mm ³	$W_{plz}=110000.00$ mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$M_{y,Ed} = 23.34$ kN*m	
$M_{y,pl,Rd} = 160.10$ kN*m	
$M_{y,c,Rd} = 160.10$ kN*m	$V_{z,Ed} = 16.21$ kN
	$V_{z,c,Rd} = 454.75$ kN
$M_{b,Rd} = 138.41$ kN*m	
	Class of section = 1

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

$z = 1.00$	$M_{cr} = 503.72$ kN*m	Curve,LT - d	$XLT = 0.86$
$L_{cr,upp} = 1.20$ m	$\lambda_{m,LT} = 0.56$	$\phi_{i,LT} = 0.68$	$XLT_{mod} = 0.86$

BUCKLING PARAMETERS:

About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:*Section strength check:*

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.15 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Global stability check of member:

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.17 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

LIMIT DISPLACEMENTS*Deflections*

$$u_y = 0.000 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/400.00 = 3.000 \text{ mm}$$

Verified

$$\text{Governing Load Case: } 1001 \ 1001 \ (1+2)*1.00$$

$$u_z = 0.139 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/400.00 = 3.000 \text{ mm}$$

Verified

$$\text{Governing Load Case: } 1001 \ 1001 \ (1+2)*1.00$$

$u_{inst,y} = 0.000 \text{ mm} < u_{inst,max,y} = L/400.00 = 3.000 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case:

$u_{inst,z} = 0.138 \text{ mm} < u_{inst,max,z} = L/400.00 = 3.000 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 1*2



Displacements Not analyzed

Section OK !!!

STEEL DESIGN

CODE: SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Member Verification

CODE GROUP:

MEMBER: 2 2

POINT: 1

COORDINATE: $x = 0.50 L = 3.00 \text{ m}$

LOADS:

Governing Load Case: 2001 2001 1*1.35+2*1.50

MATERIAL:

S355 (S355) $f_y = 355.00 \text{ MPa}$



SECTION PARAMETERS: UPE 270

$h = 270.0 \text{ mm}$

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 95.0 \text{ mm}$

$A_y = 2882.50 \text{ mm}^2$

$A_z = 2218.75 \text{ mm}^2$

$A_x = 4480.00 \text{ mm}^2$

$tw = 7.5 \text{ mm}$

$I_y = 52550000.00 \text{ mm}^4$

$I_z = 4010000.00 \text{ mm}^4$

$I_x = 199000.00 \text{ mm}^4$

$tf = 13.5 \text{ mm}$

$W_{ply} = 451000.00 \text{ mm}^3$

$W_{plz} = 110000.00 \text{ mm}^3$

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$M_{y,Ed} = 44.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{y,pl,Rd} = 160.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{y,c,Rd} = 160.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{b,Rd} = 160.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

$z = 1.00$

$M_{cr} = 1440.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Curve,LT - d

$X_{LT} = 1.00$

$L_{cr,upp} = 0.02 \text{ m}$

$\lambda_{m_LT} = 0.33$

$\phi_{i,LT} = 0.52$

$X_{LT,mod} = 1.00$

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.28 < 1.00$ (6.2.5.(1))

Global stability check of member:

$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.28 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))

LIMIT DISPLACEMENTS

**Deflections**

$u_y = 0.000 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/400.00 = 15.008 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 1001 1001 (1+2)*1.00

$u_z = 11.131 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/400.00 = 15.008 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 1001 1001 (1+2)*1.00

$u_{\text{inst},y} = 0.000 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/400.00 = 15.008 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case:

$u_{\text{inst},z} = 11.131 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/400.00 = 15.008 \text{ mm}$ Verified

Governing Load Case: 1*2



Displacements Not analyzed

Section OK !!!

STEEL DESIGN

CODE: SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Member Verification

CODE GROUP:

MEMBER: 3 3

POINT: 1

COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00 m

LOADS:

Governing Load Case: 2001 2001 1*1.35+2*1.50

MATERIAL:

S355 (S355) $f_y = 355.00 \text{ MPa}$

**SECTION PARAMETERS: UPE 270**

$h=270.0 \text{ mm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=95.0 \text{ mm}$	$A_y=2882.50 \text{ mm}^2$	$A_z=2218.75 \text{ mm}^2$	$A_x=4480.00 \text{ mm}^2$
$t_w=7.5 \text{ mm}$	$I_y=52550000.00 \text{ mm}^4$	$I_z=4010000.00 \text{ mm}^4$	$I_x=199000.00 \text{ mm}^4$
$t_f=13.5 \text{ mm}$	$W_{ply}=451000.00 \text{ mm}^3$	$W_{plz}=110000.00 \text{ mm}^3$	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$M_{y,Ed} = 23.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{y,pl,Rd} = 160.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{y,c,Rd} = 160.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{z,Ed} = -16.21 \text{ kN}$

$V_{z,c,Rd} = 454.75 \text{ kN}$

$M_{b,Rd} = 138.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Class of section = 1

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

$z = 1.00$

$M_{cr} = 503.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Curve,LT - d

$X_{LT} = 0.86$

$L_{cr,upp}=1.20 \text{ m}$

$\Lambda_{m_LT} = 0.56$

$\phi_{i,LT} = 0.68$

$X_{LT,mod} = 0.86$

BUCKLING PARAMETERS:

About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:**Section strength check:**

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.15 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Global stability check of member:

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.17 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

LIMIT DISPLACEMENTS**Deflections**

$$u_y = 0.000 \text{ mm} < u_{y \text{ max}} = L/400.00 = 3.000 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

$$\text{Governing Load Case: } 1001 \ 1001 \ (1+2)*1.00$$

$$u_z = 0.139 \text{ mm} < u_{z \text{ max}} = L/400.00 = 3.000 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

$$\text{Governing Load Case: } 1001 \ 1001 \ (1+2)*1.00$$

$$u_{\text{inst},y} = 0.000 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},y} = L/400.00 = 3.000 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

$$\text{Governing Load Case:}$$

$$u_{\text{inst},z} = 0.138 \text{ mm} < u_{\text{inst,max},z} = L/400.00 = 3.000 \text{ mm} \quad \text{Verified}$$

$$\text{Governing Load Case: } 1*2$$

**Displacements** *Not analyzed***Section OK !!!**

Liite 2. Haastattelu

Haastattelu: Jarmo Palmu

AIKA:	<u>20.2.2017, klo: 14.00-14.30</u>
PAIKKA:	<u>Pöyry Finland Oy, Pöyry-talo,Vantaa</u>
HAASTATTELIJA:	<u>Pekka Kuikka, harjoittelija</u>
HAASTATELTAVA:	<u>Jarmo Palmu, teräsrakennesuunnittelija</u>

Tarkoitukseni on perehtyä Teklan tarjoamiin porraskomponentteihin ja niiden hyödyntämiseen mallinnuksessa ja piirustusten tuotannossa, luoda mitoitus/mallinnusohje portaille ja tehostaa portaiden mallinnusta ja piirustusten luomista. Lisätietojen kartuttamiseksi teen haastattelun työpaikan sisältä henkilöltä, jolla on kokemusta portaiden mitoituksesta ja mallintamisesta. Haastattelun tarkoituksena on saada käsitys suunnittelun kulusta, mahdollisista ongelmista suunnittelussa, mallintamisessa ja piirustusten tuotannossa.

- **Mitkä ovat ongelmakohdat portaiden suunnittelussa?**
 - Mikä on helppoa, mikä vaativaa?
- **Miten teräsportaat mallinnetaan?**
 - Mitä komponentteja käytetään yleensä mallinnustyössä?
 - Mitkä on niissä havaitut ongelmat ja puutteet?
 - Joutuuko komponentteja räjäyttämään mallin viimeistelemiseksi?
- **Onko portaiden piirustustuotannossa esiintyviä ongelmia?**
 - Onko olemassa olevista piirustusohjista apua?
 - Mitä kuvia portaista luodaan?
 - Miten kuvia joutuu muokkaamaan?
- **Porraskomponentissa S71 katalogiin liittyvä kysymys. Mitkä katalogissa esiintyvät asiat ovat käytössä, mitä ei käytetä?**
- **Minkälaisia asetuksia olisi hyvä tallentaa valmiiksi käytettäviin komponentteihin?**

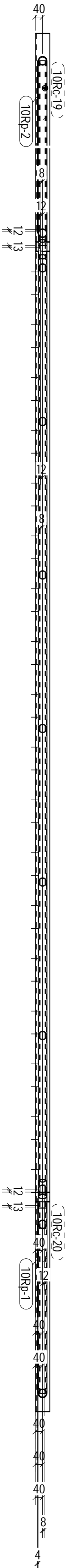
Haastateltava hyväksyy haastattelun puhtaaksi kirjoitetun version ja antaa luvan käyttää tietoja opinnäytetyön lähdeaineistona.



Jarmo Palmu, suunnittelija

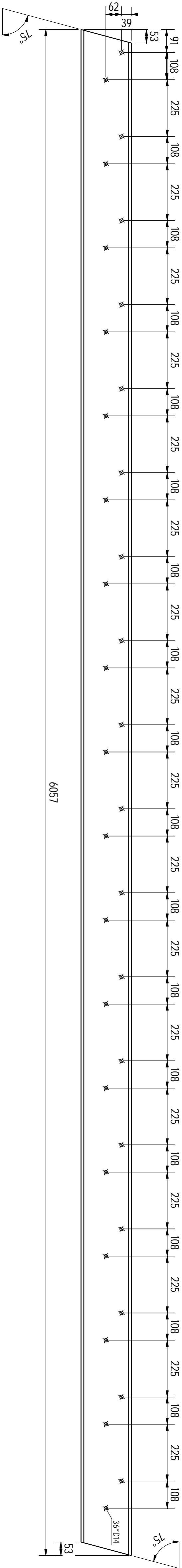
VANTAA 27.02.2017

Paikka ja aika

[illegible][illegible]

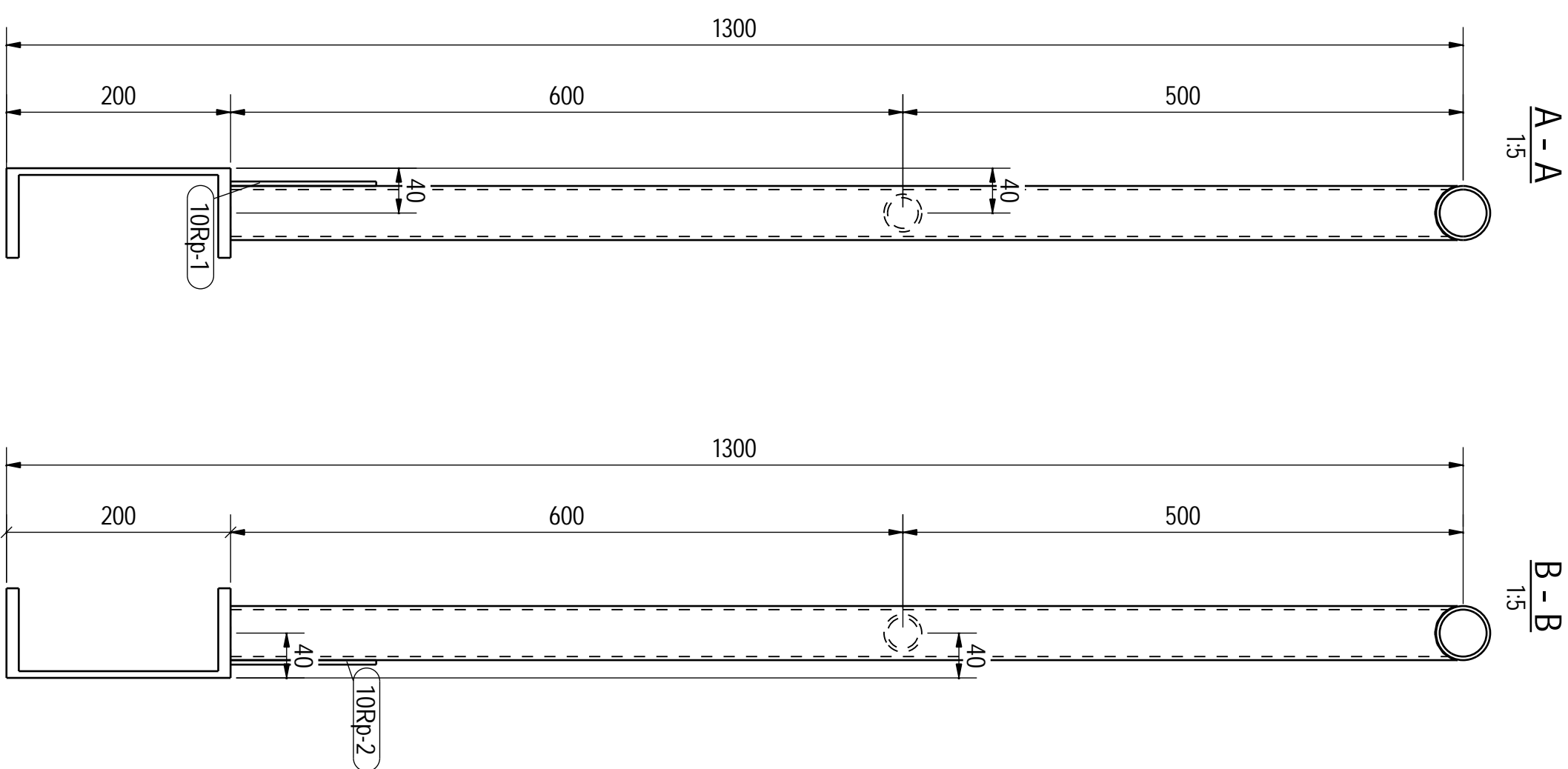
Liite 4

Liite 4. Muokatut piirustusohjat



MATERIAALILUETTELO OSALLE 105c-1				Vainstien kpl				2
Tuotes	105c-1	105c-1	105c-1	Koko	6057	Kpl	1	137,9
105c-1				105c-1	105c-1	105c-1	105c-1	105c-1

Rev.		Muut		Sum.	Tak.	Hyv.	Pvm
KOKONAIS		KORJETILIA	TOIMITUSNO	VÄÄNÄKÄSITÄÄSÄKORJAUKSIA VÄHETÄ		RAUT.	
PÄÄTÄMÄSIÄTÄÄSÄKORJAUKS			PHOSPHORILÄÄ				105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					105C-1
KOKONAIS		PHOSPHORILÄÄ					

[illegible][illegible]